Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica

Projecte de final de carrera

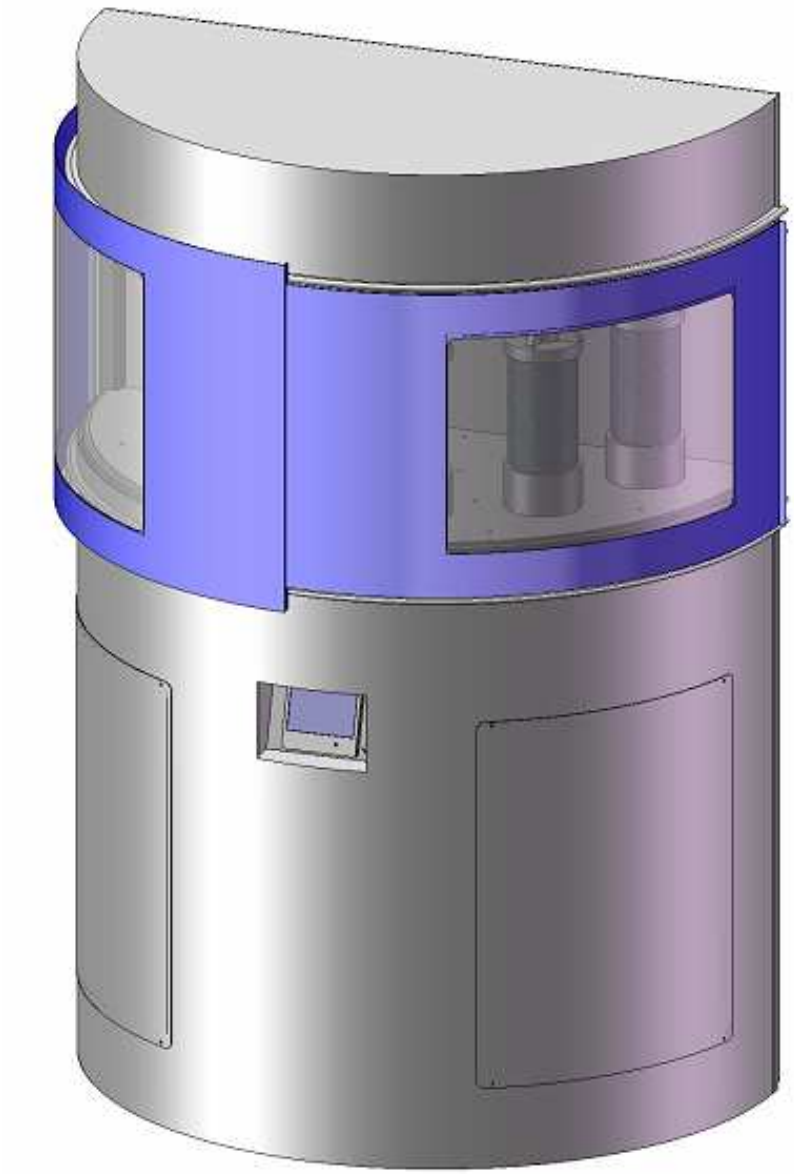
Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001)

Autor: Cipriano Becerra Cabrerizo
Director: Joan Monyarch Callizo
Juliol de 2007

DISSENY D'UNA MÀQUINA PER DETERMINAR L'ASSAIG DE: "PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN" (UNE-EN 12390-8:2001)

Realitzat per: Cipriano Becerra Cabrerizo

Dirigit per: Joan Monyarch Callizo



Juliol de 2007

0. ÍNDEX GENERAL

ÍNDEX GENERAL DEL PROJECTE

1. MEMÒRIA

ÍNDEX DE LA MEMÒRIA

ÍNDEX DE FIGURES DE LA MEMÒRIA

1.1 OBJECTIU

Aquest projecte neix de la necessitat de l'empresa en la qual estic treballant; Consorci Lleidatà de Control. És un laboratori d'assaigs de materials de la construcció, de Control de Qualitat de l'Edificació i de l'Obra Pública.

Es tracta de concebre una màquina, la qual s'utilitzarà per a determinar un assaig sobre el formigó endurit, fent el disseny de l'estructura i la seva automatització, per tal d'optimitzar la tasca de les màquines que hi ha al mercat i augmentar la productivitat.

Existeix la possibilitat de portar a terme la seva fabricació en un futur, per així poder augmentar la productivitat actual en un 300%, ja que ens permetrà quadruplicar la producció mensual de les sèries de provetes assajades.

1.2 ABAST

La màquina a dissenyar s'utilitza per a determinar un assaig sobre provetes de formigó endurit, concretament el de la Norma UNE-EN 12390-8:2001. "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión" (la qual substitueix a la UNE 83-309-90 EX).

Aquest assaig consisteix en comprovar quin grau de permeabilitat té el formigó endurit assajat, on tindrà una gran importància el tipus de compactació amb la qual s'hagi fabricat el formigó en qüestió, ja que la seva porositat influirà en el procés de l'assaig.

El disseny de la màquina ha de permetre realitzar l'assaig de forma automatitzada i amb una capacitat de fins a sis provetes, augmentant d'aquesta manera la seva capacitat de producció i la seva autonomia.

1.3 ANTECEDENTS

L'empresa necessita una nova màquina per augmentar la producció, tenint en compte la demanda del mercat laboral i les seves necessitats. Ja que en un futur inmediat, degut a la importància cabdal de la durabilitat del formigó, aquest serà un assaig d'obligatori compliment i, en conseqüència, la màquina serà molt rendible.

Però, per tal de portar a terme aquest projecte, es tindran en compte els dos aspectes que satisfaran aquesta necessitat; l'automatització i l'augment de la capacitat de producció.

La part de l'automatització consistirà en dissenyar el circuit pneumàtic i l'hidràulic, per tal que un cop es col·loquin les provetes en la màquina siguin fixades amb uns pistons pneumàtics. I que el procés de connectar, mantenir i parar la injecció d'aigua a 5 bar durant 72 h sigui automàtic (si s'escau, es podrà variar la pressió i el temps d'injecció també de forma automatitzada), ja que fins ara es feia manualment.

Pel que fa a la capacitat de producció de la màquina, consistirà en dissenyar la bancada adaptant-la per a la col·locació de sis provetes i amb la resistència i estabilitat adequades, tenint en compte els pistons utilitzats per la fixació de les mateixes.

1.4 NORMES I REFERÈNCIES

1.4.1 NORMES APLICADES

- Norma UNE 157001:2002. "Criterios generales para la elaboración de proyectos."

- Norma UNE-EN ISO 5455:1996. "Dibujos Técnicos. Escalas. (ISO 5455:1979)."

- Norma UNE-EN ISO 5456-1:2000. "Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Parte 1: Sinopsis. (ISO 5456-1:1996)."

- Norma UNE-EN ISO 5456-2:2000. "Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Parte 2: Representaciones ortográficas. (ISO 5456-2:1996)."

- Norma UNE-EN ISO 6410-1:1996. "Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 1: Convenios generales. (ISO 6410-1:1993)."

- Norma UNE 1121-1:1991. "Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Tolerancias de forma, orientación, posición y oscilación. Generalidades, definiciones, símbolos e indicaciones en los dibujos."

- Norma UNE 36071:1975. "Aceros al carbono para herramientas."

- Norma UNE-EN 12390-3:2003. "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas."

- Norma UNE-EN 12390-8:2001. "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión."

- Norma UNE-EN 294:1993. "Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas de peligrosidad con los miembros superiores. (Versión oficial EN 294:1992 y el Corrigendum AC:1993)."

- Norma UNE-EN 349:1994. "Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano. (Versión oficial EN 349:1993)."

- Norma UNE-EN 418:1993. "Seguridad de las máquinas. Equipo de parada de emergencia, aspectos funcionales. Principios para el diseño. (Versión oficial EN 418:1992)."

- Norma UNE-EN 811:1997. "Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros inferiores."

- Norma UNE-EN 954-1:1997. "Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño."

- Norma UNE-EN 981:1997. "Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales."

- Norma UNE-EN 982:1996. "Seguridad de las máquinas. Requisitos de seguridad para sistemas y componentes para transmisiones hidráulicas y neumáticas. Hidráulica."

- Norma UNE-EN 983:1996. "Seguridad de las máquinas. Requisitos de seguridad para sistemas y componentes para transmisiones hidráulicas y neumáticas. Neumática."

- Norma UNE-EN 1037:1996. "Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva."

- Norma UNE-EN 1050:1997. "Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo."

- Norma UNE-EN ISO 12100-1:2004. "Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología (ISO 12100-1:2003)"

- Norma UNE-EN ISO 12100-2:2004. "Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos. (ISO 12100-2:2003)."

- Norma ASTM A36/A36M-96. Norma tècnica d'acer de qualitat estructural.

1.4.2 DISPOSICIONS LEGALS

- RD 1435/92, referent a la seguretat en màquines i components de seguretat.
- RD 487/97, referent a la manipulació i manual de càrregues.
- RD 485/97, referent a la senyalització de seguretat.
- RD 486/97, referent a la seguretat en els llocs de treball.
- RD 1215/97, referent a la seguretat dels equips de treball.

1.4.3 BIBLIOGRAFIA

- FÍSICA

Autor: Paul A. Tripler

Editorial Reverte, S.A.

- FÍSICA UNIVERSITARIA

Autor: SEARS-ZEMANSKY-TOUNG

Editorial Addison-Wesley iberoamericana

- MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS

Autor: Ferdinand P. Beer i E. Russell Johnston Jr.

Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.

- ELASTICIDAD

Autor: Luis Ortiz Berrocal

Editorial McGraw-Hill

- RESISTENCIA DE MATERIALES

Autor: Luis Ortiz Berrocal

Editorial McGraw-Hill

- APUNTS DE "OLEOHIDRÀULICA I PNEUMÀTICA"

Autor: Jaume Arnó Satorra i Joan Monyarch Callizo

Editorial McGraw-Hill

1.4.3.1 Bibliografia complementària

- CHEVALIER, A. "*Dibujo Industrial.* Méjico, Noriega Editores, 2000"

- FÉLEZ, J., MARTÍNEZ, M.L. "*Dibujo Industrial*, Editorial Síntesis, 2000"

- FENOLLOSA, J. *Càlcul de màquines. Disseny de màquines I*, Barcelona, Edicions UPC, 2000.

- NIEMANN, G. "*Elementos de máquinas I*, Editorial Labor, 1987."

- VIVANCOS CALVET, J. "*Procesos mecanizado.* Barcelona, CPDA – ETSEIB, 1999."

- BAUTISTA, J. "*Sistemas productivos, inversiones y stocks*, Barcelona, Edicions UPC, 1999."

1.4.3.2 Catàlegs Tècnics

- OMRON - Catàleg general

- UNCETA - Catàleg d'eines general

- HALDER - Elements normalitzats

- PARKER - Components pneumàtics

- ENERPAC - Components hidràulics

- REXROTH HYDRAULICS - Components hidràulics

- FEGEMU AUTOMATISMOS - Elements de seguretat de màquines

- EHE-98 - Instrucció del formigó estructural

- CROUZET - Sensors i detectors

1.4.3.3 Pàgines web

- Enciclopèdia lliure: http://es.wikipedia.org

- Corrector i traductor: http://www.softcatala.org

- Cercador de "Normas UNE": http://www.aenor.es

- Formigó i propietats: http://www.cemex.es

- Disseny estructural: http://www.seguridadestructural.com

- Estructures metàl·liques: http://www.pomesa.com

- Estructures metàl·liques: http://www.cemesa.es

- Característiques dels acers: http://www.calsider.es

- Components hidràulics i pneumàtics: http://fluidocontrol.es

- Components hidràulics i pneumàtics: http://www.mitjavilasl.com
- Components hidràulics i pneumàtics: http://www.cohiner.com
- Components hidràulics i vàlvules: http://www.wattsindustries.com
- Components pneumàtics: http://www.giner.com
- Components hidràulics: http://www.cepex.com
- Tipus de electrovàlvules: http://www.zel-espana.com
- Tipus de electrobombes: http://www.calpedaiberica.com

1.4.4 PROGRAMES DE CÀLCUL I REALITZACIÓ DEL PROJECTE

- Software Microsoft Office Word 2003, per a la realització dels documents i les taules.
- Software Microsoft Office Excel 2003, per a la realització dels documents i les taules.
- Software Microsoft Office Picture Manager, per a la realització de la presentació d'imatges i figures.

- Software AutoCAD 2006, per a la realització dels plànols i diagrames.

- Software SolidWorks 2006, per al disseny i visualització de les peces i el conjunt de l'estructura de la màquina i la realització dels plànols.

- Software Microsoft Office PowerPoint 2003, per a la realització de la presentació del projecte.

1.5 ESTUDI DE MERCAT

1.5.1 ACREDITACIONS DELS LABORATORIS PER AL CONTROL DE QUALITAT

La realització d'aquest projecte amb el conseqüent disseny de la màquina, permetrà portar a terme en un futur la seva fabricació posterior, i en el cas pertinent, la seva producció en sèrie per una futura venda i comercialització.

En el cas de venda de la màquina, hi ha uns possibles compradors, els quals són tots aquells laboratoris i empreses del mateix àmbit, dedicats a la branca de la construcció. Els laboratoris acreditats són tots aquells que tenen el reconeixement exprés, per part de la Administració, de disposar de la suficient capacitat tècnica per a realitzar determinats assaigs i per a emetre un document reflectint els resultats dels assaigs esmentats.

Les acreditacions que es poden obtenir, mitjançant aquests laboratoris, depenen de les matèries a les que afecten. Per al control de la qualitat en la construcció existeixen diverses matèries:

- **Mecànica de Sòls**

  -SE: Identificació de sòls, característiques mecàniques per a la capacitat portant i assentaments previsibles d'estructures.

  -ST: Reconeixement geotècnic d'un terreny. Presa de mostres inalterada del terreny.

- **Formigó**

  -HA: Assaigs necessaris per a determinar les característiques del formigó en massa o armat i les dels seus constituents.

  -HC: Assaigs necessaris per a determinar les característiques del formigó en massa del ciment, dels àrids i de l'aigua.

  -HF: Assaigs necessaris per a determinar les característiques del formigó fresc.

- **Acer per a estructures**

  -AP: Assaigs necessaris per a determinar els perfils i barres d'acer utilitzats en estructures o en armadures en formigó armat.

  -AS: Control "in situ" de soldadures d'elements estructurals d'acer.

- **Vials**

  -SV: Identificació dels materials que s'han d'utilitzar en ferms de vies urbanes i carreteres.

  -SF: Control en ferms flexibles, bituminosos i els seus materials.

A Espanya existeix una Federació que engloba els Laboratoris acreditats per a la construcció. Aquesta Federació es diu FENALAC. En aquesta associació les empreses estan agrupades per zones geogràfiques, tenint cadascuna el seu departament en la comunitat a la qual correspon:

- **ALAA (Andalucía)**
- **ALAC i LAEC (Catalunya)**
- **ALACAM (Madrid)**
- **ALACAV (Comunitat Valenciana)**
- **ALAGAL (Galicia)**
- **ALCAL (Castilla y León)**

1.5.2 LABORATORIS ACREDITATS PER AL CONTROL DE QUALITAT EN L'EDIFICACIÓ

S'ha realitzat un llistat d'aquells laboratoris acreditats per al control de la qualitat en la edificació a nivell estatal. I en cada comunitat, separats per les capitals de província i ordenades de major a menor, es pot apreciar la quantitat d'empreses que hi ha a Espanya:

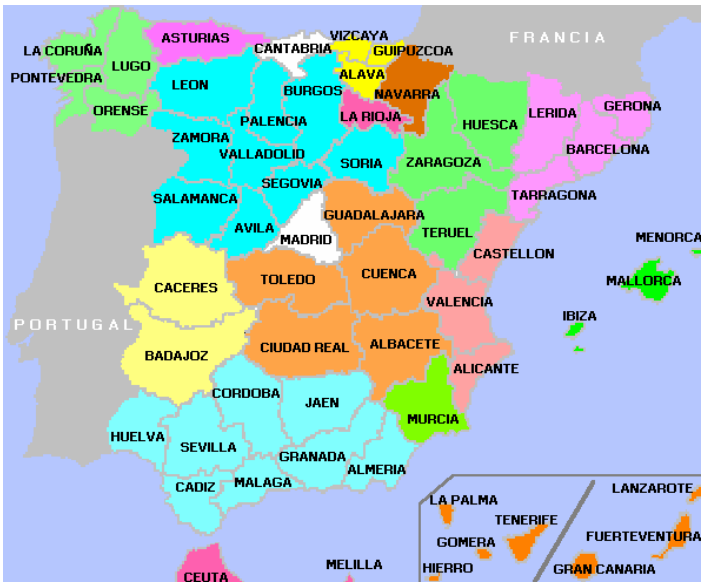


Figura.-1 Mapa d'Espanya amb les seves capitals de província.

(http://www.proteccioncivil.org)

COMUNITATS	PROVÍNCIES	LABORATORIS	TOTAL
ANDALUCIA	SEVILLA	11	52
	GRANADA	9	
	MALAGA	8	
	ALMERIA	6	
	CADIZ	6	
	HUELVA	5	
	CORDOBA	4	
	JAEN	3	
CATALUNYA	BARCELONA	29	49
	GIRONA	9	
	TARRAGONA	7	
	LLEIDA	4	
MADRID	MADRID	37	37
COMUNITAT VALENCIANA	VALENCIA	17	29
	ALACANT	8	
	CASTELLO	4	
GALICIA	A CORUÑA	9	25
	PONTEVEDRA	9	
	ORENSE	4	
	LUGO	3	
CASTILLA Y LEON	VALLADOLID	5	22
	SALAMANCA	4	
	LEON	3	
	ZAMORA	3	
	BURGOS	2	
	PALENCIA	2	
	AVILA	1	
	SEGOVIA	1	
	SORIA	1	
PAÍS VASCO	VIZCAYA	8	16
	GUIPUZCOA	5	
	ALAVA	3	
CASTILLA LA MANCHA	TOLEDO	5	15
	ALBACETE	4	
	C.REAL	2	
	CUENCA	2	
	GUADALAJARA	2	
ISLAS CANARIAS	LAS PALMAS	7	13
	S.C.TENERIFE	6	
ARAGÓN	TERUEL	5	11
	ZARAGOZA	5	
	HUESCA	1	
MURCIA	MURCIA	11	11
ASTURIAS	ASTURIAS	10	10
I. BALEAR	BALEARS	10	10
EXTREMADURA	CACERES	6	9
	BADAJOZ	3	
NAVARRA	NAVARRA	6	6
CANTABRIA	CANTABRIA	5	5
LA RIOJA	LA RIOJA	2	2
CEUTA	CEUTA	1	1
TOTAL LABORATORIS ESPANYA =			323

Figura.-2 Laboratoris de cada capital de província i comunitat.

(http://www.concretonline.com)

1.5.3 EMPRESES QUE FABRIQUEN LA MÀQUINA. CARACTERÍSTIQUES GENERALS I PREUS

EMPRESA	CARACTERÍSTIQUES	PREU VENTA	FOTOGRAFIA
CONTROLS	- Per assajar 3 provetes - Bancada metàl·lica - Fixació manual - Vàlvula i components	**4.387,89€**	
PROETI	- Per assajar 3 provetes - Bancada metàl·lica - Fixació manual - Vàlvula i components	**4.309,00€**	
MECACISA	- Per assajar 3 provetes - Bancada metàl·lica - Fixació manual - Vàlvula i components	**- No s'indica.**	
SISTEMAS DE ENSAYO	- Per assajar 3 provetes - Bancada metàl·lica - Fixació manual - Vàlvula i components	**3.800,00€**	
INCOTECNIC	- Per assajar 3 provetes - Bancada metàl·lica - Fixació manual - Vàlvula i components - Indicador digital i parada automàtica	**7.600,00€**	

Figura.-3 Diferents màquines del mercat per fer l'assaig de penetració d'aigua.

(http://www.controls.it / http://www.proetisa.com / http://www.mecacisa.com / http://www.sistemasdeensayo.com / http://www.incotecnic.com)

1.5.4 VIABILITAT DE LA MÀQUINA EN CAS DE FABRICACIÓ EN SÈRIE I COMERCIALITZACIÓ

Com es pot observar, la majoria de les màquines existents al mercat tenen unes característiques molt similars.

En general, totes tenen la bancada bastant semblant, metàl·lica i per poder treballar amb 3 provetes, i on la fixació de les mateixes es fa de manera manual, mitjançant cargols i varetes roscades.

Respecte la part del circuit hidràulic, també totes tenen el mateix disseny, on majoritàriament està format d'un compressor i una vàlvula reguladora de pressió, juntament amb els seu components.

I, econòmicament, també totes segueixen una relació lògica i parella. Excepte en una de les quals a no s'indica el preu, i en una altra la qual és més cara que els de la resta, degut a que incorpora una petita pantalla digital, la qual indica automàticament l'estat de marxa o de parada de les provetes.

Llavors, tenint en compte la relació de màquines del mercat i els seus accessoris i components, es pot dir que amb la realització d'aquest projecte es milloraran les prestacions de les màquines actuals, degut a que es farà una ampliació de la quantitat de provetes a utilitzar, i també una automatització tant en la part de la fixació de les provetes (circuit de compressor i pistons pneumàtics) com en la part de control i la regulació de la pressió i el temps d'injecció de l'aigua (circuit hidràulic amb una bomba i una electrovàlvula reguladora de pressió). Tots aquestos processos de la màquina estaran regulats i controlats per un autòmat i components i sensors electrònics.

Tenint en compte les novetats que proporcionaria la nova màquina als gairebé 300 laboratoris acreditats a tota Espanya, i esperant una acceptació moderada al mercat, podríem parlar d'un volum de vendes d'entre un 20 i un 30 %, que traduït en unitats de producció rondarien les 80 màquines.

Així, per produir una unitat tenim un cost total aproximat de de 8.000 € essent el seu p.v.p. d'uns 11.000 €. En el cas de fabricar les 80 màquines, parlaríem d'un cost total de fabricació d'uns 640.000 €, essent a partir de la venda de la màquina 58 el moment en el que cobrim els costos totals de fabricació, i la suma dels imports de venda de la màquina 59 a la 80 els beneficis obtinguts, al voltant de 240.000 €.

En el cas de no disposar de suficient capital per a la producció total de les 80 unitats, podríem començar per fabricar les tres primeres unitats per un import aproximat de la inversió inicial de 24.000 €, així, un cop venudes totes tres i amb el benefici inicial d'uns 9.000 €, la fabricació de la quarta màquina seria sense cap inversió, restant encara un benefici de aproximadament 1.000 €.

1.6 REQUISITS DE DISSENY

1.- La màquina ha de tenir una estructura ben dissenyada, ja que ha d'ésser lo suficientment resistent com per a poder treballar amb les condicions més extremes i assegurar la seva estabilitat , resistència i durabilitat. I també ha de tenir una major capacitat, ampliant-la per permetre assajar sis provetes de formigó alhora.

2.- També, s'ha d'automatitzar per tal d'obtenir unes millors prestacions per optimitzar la seva tasca i establir una major producció i rendibilitat. Així doncs, la subjecció de les provetes en la màquina i el control en tot moment del temps i la pressió d'injecció, es faran de manera automàtica.

3.- I per finalitzar, ha d'ésser econòmica, però primordialment funcional. Això vol dir, que en principi interessa tenir en l'empresa una màquina que proporcioni millors prestacions que les ja existents, tant per l'empresa com per al mercat. I en definitiva que ens millori la qualitat de vida. Però, el fi inicial d'aquest projecte és el disseny de la màquina, per a després i amb posterioritat, fabricar-la per l'ús privat del laboratori, i no amb la idea inicial de fabricar-la en sèrie per la seva venda.

Però, si es dona el cas en que es porti a terme la seva producció en sèrie i posterior comercialització, doncs llavors hauria de tenir una relació qualitat-preu el més raonable i assequible possible per al mercat laboral, i així amortitzar-la a curt o mitjà termini i obtenir una bona rendibilitat.

1.7 REQUISITS TÈCNICS

1.- La màquina dissenyada, en primer lloc, tindrà la capacitat de permetre la col·locació de fins a sis provetes. L'assaig d'una sèrie de provetes és d'una quantitat de tres, per lo tant, es podran assajar dues sèries alhora. En qualsevol cas, l'assaig es podrà fer de la quantitat de provetes que es vulgui, tant des d'una sola com de totes sis alhora.

2.- Un cop el laborant col·loqui la quantitat de provetes que es vagin a assajar, la màquina disposarà d'uns pistons pneumàtics que mitjançant un plat amb una ròtula mòbil cadascun, es posaran en marxa a partir d'un controlador automàtic que es connectarà prèvia ordre de l'analista. Llavors, baixaran i un cop el plat faci contacte amb la superfície de la proveta, fixaran automàticament les provetes per tal que no hi hagi cap fuita d'aigua per la part de sota.

3.- Seguidament, un cop col·locades i fixades les provetes a assajar, i també mitjançant una ordre electrònica, es posarà en marxa la injecció de l'aigua (per sota de la proveta) la qual ja estarà fixada (mitjançant la regulació automàtica d'una electrovàlvula) a 5bar de pressió i durant un temps de 72 h. En el cas especificat en que s'hagin d'assajar provetes a diferents pressions i intervals de temps, també es podrà programar automàticament regulant a la pressió i temps necessaris.

4.- Llavors, un cop hagi finalitzat el temps del cicle del procés d'injecció, aquest es pararà automàticament i ho indicarà amb una ordre auditiva i lluminosa i mitjançant el sensor digital de la pantalla de control. A continuació, el laborant només tindrà que donar la ordre d'aixecar els pistons, i així poder treure les provetes assajades.

Durant el procés de l'assaig, en cas de fuita d'alguna proveta, també s'indicarà amb una ordre auditiva i lluminosa i mitjançant el sensor digital de la pantalla de control. I en aquest moment, es produirà una parada temporal de tot el procés d'injecció de l'aigua per tal de que el laborant pugui solucionar el problema i continuar el procés, o en cas negatiu certificar la parada definitiva.

I en cas de que no hi hagi cap operari per veure l'alerta, la parada temporal esdevindrà definitiva al cap d'un cert interval de temps i, en conseqüència, en aquella proveta en qüestió s'haurà acabat el procés d'injecció. D'altra banda, també existirà una parada general per tancar tot el procés de forma immediata en qualsevol cas d'emergència o perill, i no podrà començar el procés automàtic fins que no s'hagin tancat les portes.

Les dades obtingudes durant tot el procés, tindran una connexió amb la xarxa informàtica per tal de poder consultar-les i veure la seva evolució en tot moment o en un instant donat de l'assaig, tanmateix per consultar qualsevol tipus d'incidència durant el procés.

5.- Pel que fa a l'abast d'aquest projecte, sobre el disseny i la funció d'aquesta màquina en l'assaig, ja es donaria per finalitzat. Però, en canvi, l'assaig de profunditat de penetració d'aigua a pressió, no s'hauria acabat. Només caldrà que un cop l'analista tregui les provetes de la màquina, les trenqui per la meitat longitudinalment i així pugui comprovar i mesurar l'àrea de penetració que l'aigua ha produït en el seu interior.

1.8 INTRODUCCIÓ TEÒRICA

1.8.1 INTRODUCCIÓ A L'ACER

En la recerca de pedres útils per a la fabricació de les seves primeres eines, segurament l'home va topar amb alguns terrossos de coure i d'or mal·leables, ja que la naturalesa sol proveir-los d'aquesta manera.

Els objectes metàl·lics més antics conformats artificialment dels quals es té notícia són uns bols de coure trobats al nord de L'Iraq. Es calcula com a data probable de la seva manufactura entre el vuitè i novè mil·lenni a.c. Pel que sembla, aquestes peces són de coure natural i van ser conformades mitjançant martell i enclusa.

També es té informació de que en la regió dels Grans Llacs en Estats Units els nadius van utilitzar coure natural al voltant del segon mil·lenni a.c.. Per altra banda, existeixen evidències de que l'home va manipular compostos metàl·lics amb molta anterioritat a les dates esmentades.

Figura.-4 Antic gerro ceràmic decorat amb òxids metàl·lics. Actualment està al museu del Louvre en París, i data del quart mil·lenni a.c.
(http://omega.ilce.edu.mx)

1.8.1.1 Introducció

Els metalls i els aliatges emprats en la indústria i en la construcció poden dividir-se en dos grups principals: Materials FERROSOS i NO FERROSOS. Ferrós ve de la paraula "Ferrum" que els romans empraven per al ferro.

Per tant, els materials ferrosos són aquells que contenen ferro com el seu ingredient principal; és a dir, les nombroses qualitats del ferro i l'acer.

Els materials no ferrosos no contenen ferro. Aquests inclouen l'alumini, magnesi, zenc, coure, plom i altres elements metàl·lics. Els metalls com el llautó i el bronze, són una combinació d'alguns d'aquests metalls no ferrosos i se'ls denomina aliatges no ferrosos.

1.8.1.2 Definició

L'acer és, des d'un punt de vista químic, és un aliatge de dos elements principals en la seva composició: ferro i carboni, on el carboni no supera mai el 1,7% de la composició de l'aliatge, arribant normalment a percentatges entre el 0,2% i el 0,3%.

A més dels dos components principals, l'acer pot contenir petites quantitats d'altres elements, que en alguns casos es consideren impureses, tals com el fòsfor i el sofre, i en uns altres són agregats per a millorar les prestacions tècniques i mecàniques.

No es troba lliure en la naturalesa ja que químicament reacciona amb facilitat amb l'oxigen de l'aire per a formar òxid de ferro, és a dir, el rovell. L'òxid es troba en quantitats significatives en el mineral de ferro, el qual és una concentració d'òxid de ferro amb impureses i materials terrossos.

1.8.1.3 Utilització

L'acer és l'aliatge més utilitzat en la construcció de maquinària, edificis i obres públiques, i ha possibilitat en part l'alt nivell de desenvolupament tecnològic de les societats industrialitzades. El fet que els seus dos elements primordials abundin en la naturalesa, ha possibilitat la producció d'acer en quantitats industrials. No obstant això, en certs sectors, com la construcció aeronàutica, l'acer tot just s'utilitza degut al fet que és un material molt pesat.

Té un preu relativament baix i combina la resistència i la possibilitat de ser treballat, el que es presta per a fabricacions mitjançant molts mètodes. A més, les seves propietats poden ser utilitzades d'acord a les necessitats específiques mitjançant tractaments amb calor, treball mecànic o mitjançant aliatges.

Figura.-5 Ganivet "Águila Muela" amb acer de Damasc, que data de l'any 540 de la nostra era.
(http://www.aceros-de-hispania.com)

1.8.1.4 Classificació

Els diferents tipus d'acer es classifiquen d'acord als elements d'aliatge que produïxen diferents efectes en l'acer:

1.8.1.4.1 Acers al carboni

Més del 90% de tots els acers són acers al carboni. Aquests acers contenen diverses quantitats de carboni i menys del 1,65% de manganès, el 0,60% de silici i el 0,60% de coure. Entre els productes fabricats amb acers al carboni figuren màquines, carrosseries d'automovil, la major part de les estructures de construcció d'acer, cascos de bucs, somieres i forquetes.

Figura.-6 Carrosseria d'un automòbil en ple procés de fabricació de planta.

(http://www.jaguar.com)

1.8.1.4.2 Acers aliats

Aquests acers contenen un proporció determinada de vanadi, molibdè i altres elements, a més de quantitats majors de manganès, silici i coure que els acers al carboni normals.

1.8.1.4.2.1 Estructurals

Són aquells acers que s'utilitzen per a diverses parts de màquines, tals com engranatges, eixos i palanques. A més s'utilitzen en les estructures d'edificis, construcció de xassís d'automòbils, ponts, vaixells i semblants. El contingut de l'aliatge varia des de 0,25% a un 6%.

1.8.1.4.2.2 Per a eines

Acers d'alta qualitat que s'utilitzen en eines per a tallar i modelar metalls i no-metalls. Per tant, són materials usats per a tallar i construir eines tals com trepants, escariadores, freses, terrajas i mascles de roscar.

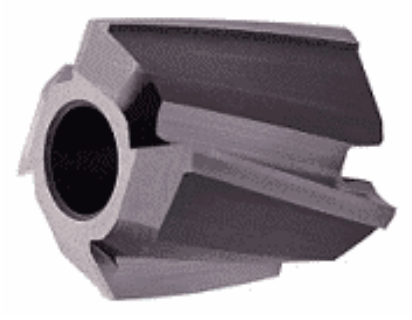


Figura.-7 Broca escariadora de forat cònic 1:30.

(http://www.uop.it)

1.8.1.4.2.3 Especials

Els acers d'aliatge especials són els acers inoxidables i aquells amb un contingut de crom generalment superior al 12%. Aquests acers de gran duresa i alta resistència a les altes temperatures i a la corrosió, s'utilitzen en turbines de vapor, engranatges, eixos i rodaments.

Figura.-8 Exemple de rodaments de boles segellat, 608-2RS1.

(http://www.rodacenter.cl)

1.8.1.4.3 Acers de baix aliatge ultrarresistent

Aquesta família és la més recent de les quatre grans classes d'acer. Els acers de baix aliatge són més barats que els acers aliats convencionals ja que contenen quantitats menors dels costosos elements d'aliatge. No obstant això, reben un tractament especial que els dóna una resistència molt major que la de l'acer al carboni.

Per exemple, els vagons de mercaderies fabricats amb acers de baix aliatge poden transportar càrregues més grans perquè les seves parets són més primes que el que seria necessari en cas d'utilitzarr acer al carboni. A més, com els vagons d'acer de baix aliatge pesen menys, les càrregues poden ser més pesades.

En l'actualitat es construeixen molts edificis amb estructures d'acers de baix aliatge. Les bigues poden ser més primes sense disminuir la seva resistència, assolint un major espai interior en els edificis.

Figura.-9 Estructura d'acer d'un edifici modernista.

(http://www.enllave.es)

1.8.1.4.4 Acers inoxidables

Els acers inoxidables contenen crom, níquel i altres elements d'aliatge, que els mantenen brillants i resistents al rovell i oxidació a pesar de l'acció de la humitat o d'àcids i gasos corrosius.

Alguns acers inoxidables són molt durs; uns altres són molt resistents i mantenen aquesta resistència durant llargs períodes a temperatures extremes. A causa de les seves superfícies brillants, en arquitectura s'utilitzen moltes vegades amb fins decoratius.

Figura.-10 Clau anglesa d'acer inoxidable sèrie 400.
Capacitat d'obertura de boca 7/8" (22 mm).
(http://www.steritool.com)

L'acer inoxidable s'utilitza per a les canonades i tancs de refineries de petroli o plantes químiques, per als fuselajes dels avions o per a càpsules espacials. També s'utilitza per a fabricar instruments i equips quirúrgics, o per a fixar o substituir ossos trencats, ja que resisteix a l'acció dels fluids corporals. En cuines i zones de preparació d'aliments els utensilis són sovint d'acer inoxidable, ja que no enfosqueix els aliments i poden netejar-se amb facilitat.

1.8.2 INTRODUCCIÓ AL FORMIGÓ

1.8.2.1 Introducció

No es té certesa de qui va descobrir o va utilitzar per primera vegada el formigó. És probable que al mateix temps que l'home va dominar el foc també va descobrir el concepte de formigó. Un pot imaginar a l'home primitiu al costat del seu fogó, situat en una cavitat, en la qual existeixen pedres calcàries, guix i argila. L'alta temperatura assoleix carbonatar la pedra, que es transforma en pols. Després, al caure una mica d'aigua de pluja, la pols i les pedres es converteixen en una massa sòlidament unida.

1.8.2.1.1 Descobriments arqueològics

Troballes contemporànies en Lepensky, al costat del Danubi, permeten afirmar que durant l'edat de pedra, fa 7.500 anys, els habitants construïen el sòl dels seus habitatges unint terra calcària, sorra, grava i aigua. Aquesta barreja pot ser considerada com un formigó rudimentari.

Els egipcis per la seva banda, van utilitzar com a aglomerant, guix cuit. Excavacions permeten establir que fa 4.500 anys, els constructors de la piràmide de Cheops, van utilitzar formigons primitius. Els grecs, fa més de 2.300 anys, van utilitzar com a aglomerant, terra volcànica que van extreure de la illa de Santorín. També existeixen indicis per a dir que van utilitzar calcària calcinada que van barrejar amb argila cuita i aigua.

Figura.-11 Els grecs, fa més de 2.300 anys, van utilitzar com a aglomerant, terra volcànica extreta de la illa de Santorín.
(http://www.todopropiedades.com)

1.8.2.1.2 Formigó Romà

El poble romà també va usar formigó en les seves construccions, per a això van utilitzar calç com a aglomerant. Es pot esmentar la construcció del clavegueram de Roma, fa 2.300 anys. Posteriorment, cap a l'any 200 abans de Crist, es va produir un significatiu avanç en l'optimització dels aglomerants per a la construcció: el ciment Romà. Des d'un lloc proper al Vesubi van obtenir la Putzolana, constituïda bàsicament per sílice. Aquest material barrejat amb calç i aigua permet conformar un aglomerant hidràulic, (dit d'una calç o d'un ciment que s'endureix en contacte amb l'aigua).

Figura.-12 Teatre de Pompeya, 55 anys a.c.

(http://club2.telepolis.com)

El teatre de Pompeya (55 anys abans de Crist), es va edificar amb aquest material. Posteriorment es va utilitzar en la construcció dels banys públics de Roma, el coliseu i la basílica de Constantino. La perllongada durada d'aquests edificis ens fa concloure que els constructors romans utilitzaven una dosificació perfectament calculada i empraven tècniques addicionals per a millorar la resistència del material de construcció.

El famós historiador Plinio, en relació a la construcció d'un pou d'aigua, va escriure: "El fons i els costats es copegen amb martells de ferro" . D'això es desprèn que els romans van utilitzar la compactació i el piconat.

Figura.-13 Soterrament del segle I, en la necròpoli romana occidental de Córdova, al costat de la calçada que conduïa a Hispalis (Sevilla), edificació cilíndrica construïda amb un nucli interior de formigó.

(http://www.legadoandalusi.es)

1.8.2.1.3 Formigons americans

En Teotihuacán, durant el segle primer abans de Crist, es van construir piràmides de nucli de terra piconada, revestida de pedra aglomerada amb una barreja de terra volcànica, calç i aigua. A això també van agregar resines vegetals que permetien un millor modelat.

Figura.-14 Panorama de la ciutat de Nova York des de l'edifici Empire State, l'anomenada illa de formigó.
(http://urbanity.blogsome.com)

1.8.2.2 Definicions i conceptes bàsics

1.8.2.2.1 Característiques i components del formigó

El formigó és un material molt utilitzat en la construcció. Resulta de la barreja d'un o més conglomerants (generalment, s'utilitza ciment) amb àrids (grava, graveta i sorra), aigua i, eventualment, additius i addicions. El ciment s'hidrata en contacte amb l'aigua, iniciant-se complexes reaccions químiques que deriven en el fraguat i enduriment de la barreja, obtenint-se al final del procés un material amb consistència pétrea. Els additius s'utilitzen per a modificar les característiques bàsiques, existint una gran varietat d'ells: colorants, accelerants, retardants de fraguat, fluidificants, impermeabilitzants, etc.

Figura.-15 Formigó fresc avocat per una cuba en la tasca de formigonar una estructura.

(http://www.construir.com)

1.8.2.2.2 Propietats del formigó endurit

El formigó experimenta un procés d'enduriment progressiu que el transforma d'un material plàstic en un sòlid, produït per un procés físico-químic complex de llarga durada. En aquesta etapa, les propietats del formigó evolucionen amb el temps, depenent de les característiques i proporcions dels materials constituents i de les condicions ambientals en que estarà exposat durant la seva vida útil. Aquestes propietats són: la densitat, la resistència, les variacions de volum i les propietats elàstiques del formigó endurit.

1.8.2.2.2.1 Densitat

La densitat del formigó es defineix com el pes per unitat de volum. Depèn de la densitat real i de la proporció en que participen cadascun dels diferents materials constituents del formigó.

Per als formigons convencionals, formats per materials granulars provinents de roques no mineralitzades de l'escorça terrestre, el seu valor oscil·la entre 2,35 i 2,55 kg/dm^3. La densitat normalment experimenta lleugeres variacions amb el temps, les quals provenen de l'evaporació de l'aigua de pastat cap a l'atmosfera i que en total pot significar una variació de fins al voltant d'un 7% de la seva densitat inicial.

Figura.-16 Per mesurar la consistència d'un formigó, es fa mitjançant el rudimentari però efectiu assaig del "Con d'Abrams", regulat per la norma UNE 83-313-90.
(http://www.skyscrapercity.com)

Els formigons lleugers s'obtenen per mitjà de la incorporació d'aire, ja sigui directament en la massa del formigó o incorporada en els àrids utilitzant àrids lleugers. La seva densitat pot arribar a valors tan baixos com 0,5 kg/dm^3 i s'utilitzen principalment quan es desitja obtenir aïllament tèrmic i acústic majors que les del formigó convencional.

Els formigons pesats s'obtenen mitjançant l'ús d'àrids mineralitzats, la densitat real dels quals és major que la dels àrids normals. La seva densitat pot arribar a valors de fins a 5,0 kg/dm^3 i s'utilitzen principalment quan es desitja obtenir aïllament contra les partícules radioactives.

1.8.2.2.2.2 Resistència

La resistència és una de les propietats més importants del formigó, principalment quan s'utilitza amb fins estructurals. El formigó, en la seva qualitat de constituent d'un element estructural, queda sotmès a les tensions derivades de les sol·licitacions que actuen sobre aquest. Si sobrepassen la seva capacitat resistent es produiran fractures, primer d'origen local i posteriorment generalitzades, que podran afectar la seguretat de l'estructura. Per aquest motiu, els elements estructurals han de ser dimensionats de manera que les tensions produïdes no sobrepassin la capacitat resistent del material constituent, la qual cosa mostra la importància de conèixer aquesta característica.

1.8.2.2.2.2.1 Compressió

En termes generals, la manera més eficient que tenen els elements estructurals de resistir les sol·licitacions es produeix quan aquestes sol·licitacions tenen una orientació coincident amb l'eix longitudinal dels elements.

En aquest cas els elements resisteixen a les sol·licitacions mitjançant esforços axials (paral·lels a les accions) que poden ser de tracció o compressió, depenent de les accions externes.

El formigó és un material particularment apte per a resistir les forces de compressió, però té una limitada resistència a la tracció (tot just al voltant del 10% de la seva resistència a la compressió).

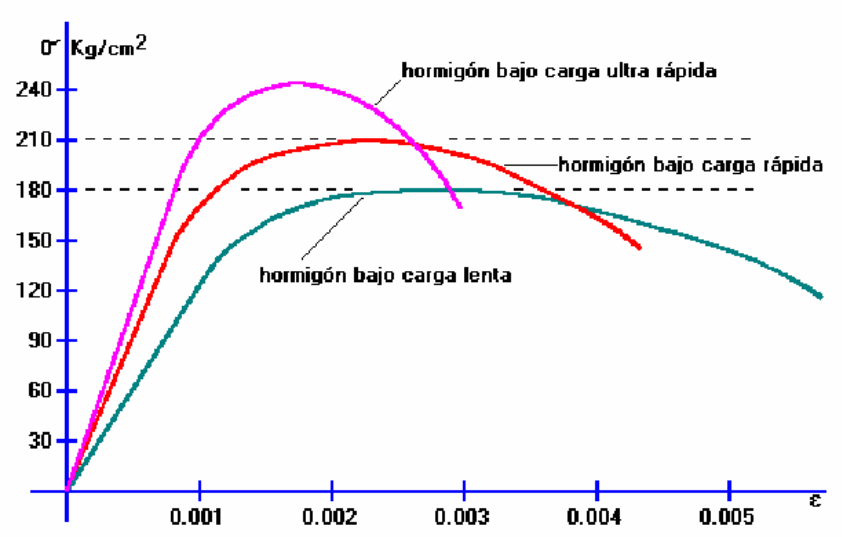


Figura.-17 Relació de corbes Tensió-Deformació del formigó a diferents velocitats de càrrega.

(http://publiespe.espe.edu.ec)

La resistència de provetes cilíndriques de formigó, sotmeses a càrrega lenta, poden arribar a ser aproximadament el 85% de la resistència del mateix tipus de cilindres sotmesos a càrrega estàndard ràpides, la qual és comuna per a totes les resistències de formigons. Per la seva banda, quan es realitzen assajos de càrrega ultra ràpida, la resistència del formigó sobrepassa a l'obtinguda als assajos normals.

La norma espanyola i europea que estableix el procediment d'aquest assaig és la següent:

- Norma UNE-EN 12390-3:2003. "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas."

1.8.2.2.2.2.2 Tracció

La resistència a la tracció del formigó ha estat considerablement menys estudiada que la resistència a compressió, en part a causa de la major incertesa que existeix per a la seva determinació. Aquesta incertesa comença amb la forma d'execució de l'assaig, existint tres formes diferents per a efectuar-lo: per tracció directa, per flexió i per tracció indirecta, cadascuna de les quals condueix a valors sensiblement diferents.

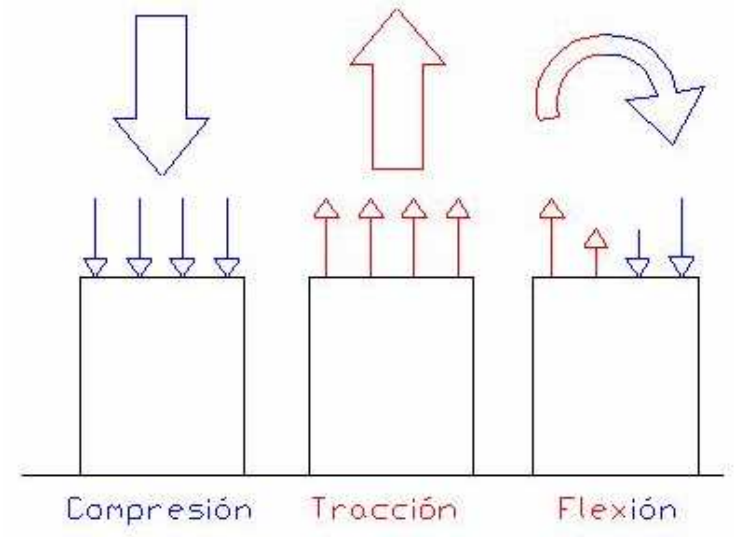


Figura.-18 Esquema dels diferents tipus de trencaments del formigó.

(http://www.construmatica.com)

1.8.2.2.2.3 Propietats elàstiques i plàstiques

El coneixement de les propietats elàstiques del formigó són necessàries per a establir la relació entre tensions i deformacions, aspecte que adquireix gran importància en alguns problemes de tipus estructural, particularment quan el càlcul de deformacions és determinant.

1.8.2.2.2.3.1 Elasticitat

La relació entre tensions i deformacions s'estableix a través del mòdul d'elasticitat. Per als materials totalment elàstics, el mòdul d'elasticitat és constant i independent de la tensió aplicada, acostumant a designar-lo amb el nom de mòdul de Young.

En altres materials, designats com a inelàstics, en canvi el mòdul d'elasticitat depèn del valor de la tensió aplicada. El més freqüent, no obstant això, és que els materials presentin una combinació d'ambdós comportaments, inicialment elàstics i posteriorment inelàstics a l'augmentar la tensió aplicada. Aquest és el cas del formigó, la corba del qual de relació tensió-deformació té la forma indicada en la figura 4.18 , en la qual poden observar-se tres trams característics:

1) Un primer tram recte, que el comportament és elàstic i que abasta no més d'un 20 % del desenvolupament total de la corba.

2) Un segon tram corb, ascendent fins al valor màxim de la corba tensió-deformació.

3) Un tercer tram corb, descendent fins a la tensió de trencament.

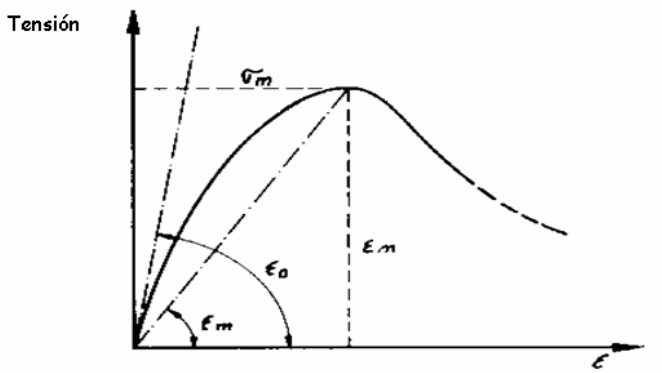


Figura.-19 Corba de relació Tensió-Deformació del formigó.

(http://www.ucn.cl)

En efecte, la forma recta es manté en tant el formigó es mantingui com un material homogeni. Aquesta forma es perd a l'aparèixer les primeres microfisures, normalment en el contacte morter-àrid gruixut, doncs, en aquesta situació, tot i que el formigó és capaç de seguir acceptant càrrega, la seva deformabilitat augmenta. Finalment, al fracturar-se el morter del formigó, desapareix la seva capacitat de prendre càrrega, però continua deformant-se fins a arribar al trencament total.

1.8.2.2.2.3.2 Plasticitat

A pesar del caràcter fràgil assenyalat per al formigó per a les càrregues de velocitat normal d'aplicació, aquest presenta un comportament plàstic quan una determinada càrrega roman aplicada un llarg temps, produint-se en aquest cas una deformació denominada fluència del formigó. El coneixement de la fluència és necessària per a l'anàlisi estructural en el cas del càlcul de deformacions en elements de formigó armat, determinar la pèrdua de la tensió aplicada en una estructura de formigó pretensat o per al càlcul de tensions a partir del mesurament de deformacions.

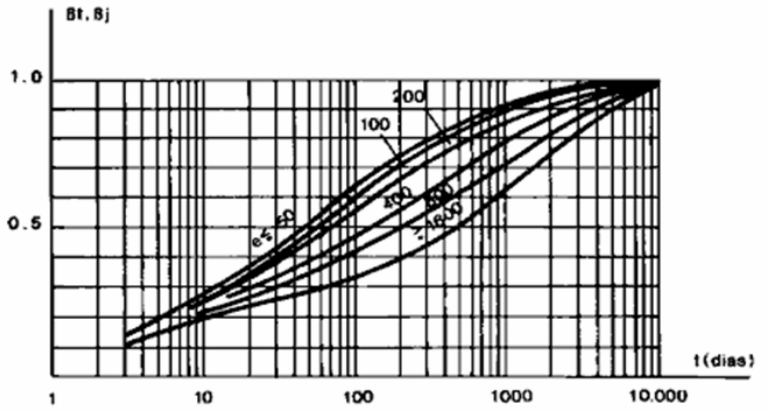


Figura.-20 Evolució en el temps de la deformació plàstica diferida del formigó.

(http://www.procuno.com)

El mecanisme que genera la fluència en el formigó no és ben conegut, estimant-se actualment que és causat per la combinació de dos tipus de fenòmens: un derivat de l'acomodació de l'estructura cristal·lina de la pasta de ciment, que es denomina fluència bàsica, i l'altre provinent de la migració interna de la humitat, que es tradueix en una retracció hidràulica addicional.

Els principals factors que condicionen la fluència del formigó són les característiques del formigó, principalment el tipus i la dosi de ciment, la humitat ambiental, la magnitud de la tensió aplicada i l'edat del formigó en el moment de la seva aplicació.

1.8.2.2.2.4 Durabilitat

L'obtenció d'estructures de formigó durables, ha dut a desenvolupar investigacions, els criteris de les quals han anat variant amb el temps. Aquests criteris en l'actualitat i que s'apliquen a l'estudi dels models de durabilitat en formigons, prenen en consideració l'efecte en que les condicions ambientals influiran en l'obra en servei.

Figura.-21 Reconstrucció de formigó del " Far de EDYSTONE"
a la costa de Cornish a Anglaterra a mitjans del S.XVIII (1758).
(http://www.enpc.fr)

Durant tota la seva vida útil, el formigó està permanentment exposat a les accions provinents d'agents externs i interns, els quals poden variar les característiques d'aquest i, en conseqüència poden afectar la seva durabilitat si no se'ls té degudament en compte. D'acord al seu origen, aquestes accions poden ser produïdes per agents físics o químics.

1.8.2.2.2.5 Variacions de volum

El formigó experimenta variacions de volum, dilatacions o contraccions, durant tota la seva vida útil per causes físico-químiques. El tipus i magnitud d'aquestes variacions estan afectats de forma important per les condicions ambientals existents d'humitat i temperatura i també pels components presents en l'atmosfera.

La variació de volum derivada de les condicions d'humitat es denomina retracció hidràulica, i les quals tenen per causa la temperatura, retracció tèrmica. Per la seva banda, de les originades per la composició atmosfèrica, la més freqüent és la produïda per l'anhídrid carbònic i es denomina carbonatació.

1.8.2.2.2.5.1 Retracció hidràulica

Els paràmetres preponderants en la retracció hidràulica són:

<u>- Composició química del ciment:</u>

Influeix principalment en la variació de volum, atès que aquesta deriva del desenvolupament del procés de fraguat. En aquestes condicions, si la composició del ciment afavoreix un enduriment ràpid de la pasta, ella també serà favorable per a una més alta contracció inicial, si existeixen condicions ambientals no saturades d'humitat. Per les raons indicades, un alt contingut de C_3A (aluminat tricàlcic; $3CaO\text{-}Al_2O_3$) afavorirà una ràpida i alta contracció.

- Finura del ciment:

Una major finura del ciment afavoreix també una evolució ràpida de les seves propietats, en particular del seu enduriment.

- Dosi de ciment:

Existeix una relació gairebé directa entre la dosi de ciment i la retracció hidràulica per aquestes causes.

- Dosi d'aigua:

Atès que un major contingut d'aigua en l'interior del formigó conduirà a una major quantitat de fisures i porus saturats, des d'on s'origina la tensió superficial.

- Porositat dels àrids:

El valor de la retracció per aquesta causa queda condicionat per la finura de l'àrid, sent major quan aquesta augmenta, ja que això implica una major quantitat de discontinuïtats en la massa de l'àrid.

- Humitat:

Ja que ella condiciona la velocitat d'evaporació de l'aigua interior del formigó.

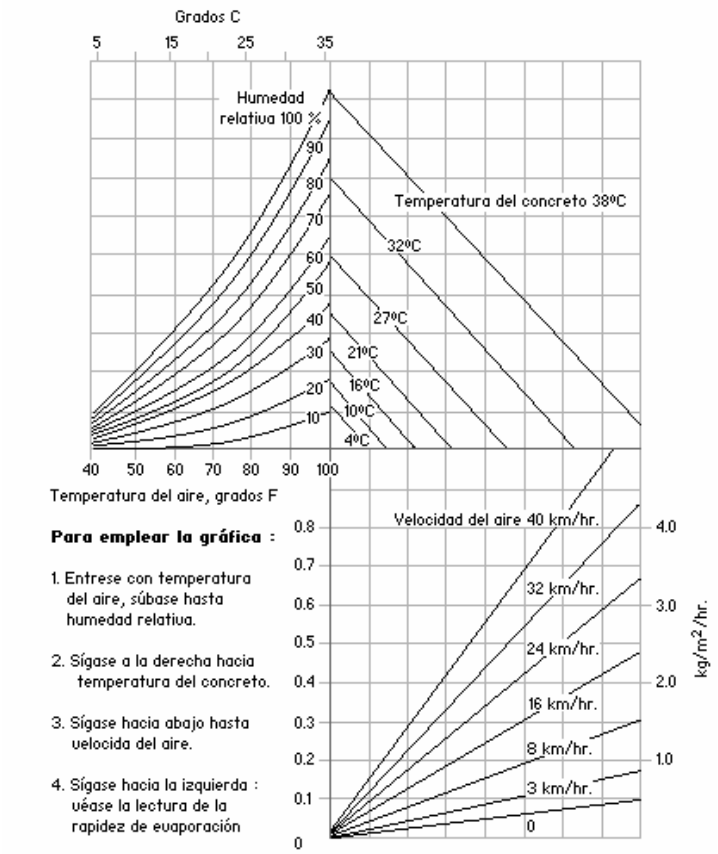


Figura.-22 **Taxa d'evaporació del formigó.** L'evaporació de l'aigua superficial en el formigó depèn principalment de la humitat relativa de l'aire, la temperatura del formigó, la velocitat del vent i la temperatura ambient.

(http://www.melon.cl)

1.8.2.2.2.5.2 Retracció tèrmica

El formigó pot experimentar variacions de volum causades per la temperatura, les quals poden provenir tant externament de la temperatura ambient com internament de la generada durant el fraguat i enduriment de la pasta de ciment. Com a conseqüència de l'expressat, els principals factors que condicionaran la magnitud de la retracció tèrmica són els següents:

- Variacions derivades de causes externes:

- magnitud i velocitat de les variacions de temperatura ambiental

- Variacions per causes internes:

- característiques del ciment
- contingut de C_3A
- finura de mòlta
- temperatura en el moment de la seva incorporació en el formigó L'avaluació de la retracció tèrmica pot efectuar-se a partir del valor de les temperatures produïdes i de les característiques de dilatació tèrmica de l'element. Per a pal·liar els efectes derivats de la retracció tèrmica poden prendre's algunes mesures, com les quals es descriuen a continuació:

Per a atenuar els efectes derivats de la temperatura externa, la mesura més eficaç consisteix en l'augment de l'aïllament tèrmic en els paraments que limiten amb l'exterior.

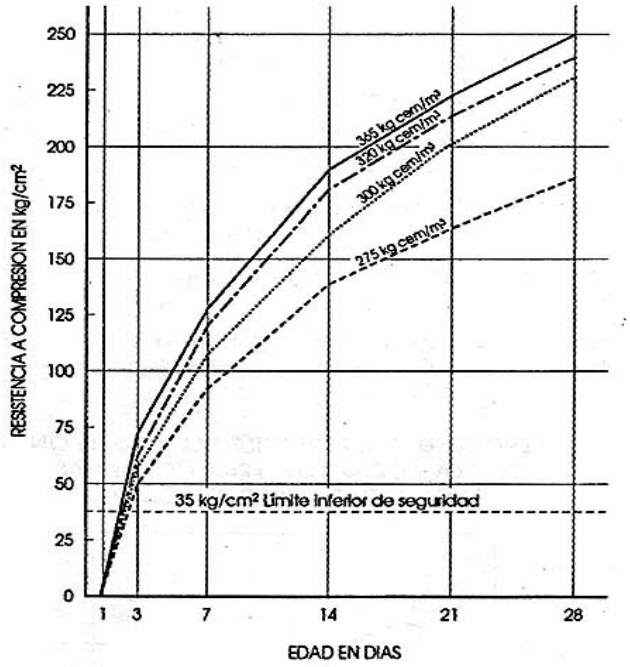


Figura.-23 Corbes sobre la relació de la temperatura inicial del formigó i la seva resistència a compressió posterior.

(http://www.construir.com)

Per als efectes tèrmics generats pel procés d'hidratació de la pasta de ciment poden prendre's diverses mesures, tals com les següents:

- Ocupació de ciments de baixa calor d'hidratació, acceptant-se normalment com a tals aquells la calor dels quals d'hidratació a 7 dies és inferior a 70 calç/g.

- Disminució de la temperatura interna del formigó per algun dels següents sistemes:

- o reemplaçament de part de l'aigua de pastat per gel durant l'amassada en la formigonera, amb la qual cosa s'assoleix rebaixar la temperatura inicial del formigó col·locat en obra.

- o refrigeració del formigó col·locat, per circulació d'aigua freda a través de serpentines embegudes en la seva massa. Planificació de les etapes de formigonat de l'obra de manera tal que siguin d'espessor limitat, deixant transcórrer un lapse que permeti la major dissipació possible de la calor generada en aquest temps. El procediment habitual és relacionar l'espessor de les etapes amb el temps d'espera, de manera de deixar transcórrer un termini d'un dia per cada 0,5 mm d'espessor de l'etapa.

1.8.2.2.2.5.3 Retracció per carbonatació

El procés d'hidratació de la pasta de ciment deixa una certa proporció de calç lliure, és a dir, sense participar en el procés químic de fraguat. Aquesta calç lliure és susceptible de combinar-se amb l'anhídrid carbònic de l'aire, produint carbonat de calci, combinació química que té un caràcter contractiu, per la qual cosa l'espessor de formigó afectat per ell disminueix el seu volum inicial, generant-se la denominada retracció per carbonatación.

En general, l'espessor afectat és petit, arribant a només alguns mil·límetres en la zona propera a la superfície en contacte amb l'aire. No obstant això, pel confinament que produeix el formigó interior adjacent, aquesta capa queda sotmesa a tensions de tracció, podent fisurar-se. El procés arriba a major magnitud si el formigó es presenta superficialment sec, la humitat relativa de l'aire té un grau d'humitat intermedi, al voltant de 50%, i el formigó és poc compacte.

Figura.-24 La permeabilitat al CO_2 provoca el fenomen de la Carbonatació, augmentant l'acidesa dintre del formigó pròxim a l'armadura, i iniciant el procés electroquímic de la oxidació del ferro.
(http://www.typphoenix.com.ar)

Disminueix, en canvi, significativament si el formigó està saturat, doncs l'aigua impedeix la difusió de l'anhídrid carbònic en els porus del formigó, o si la humitat ambient és molt baixa, inferior a 25%, doncs el desenvolupament de la carbonatació requereix d'un cert grau d'humitat mínim.

En conseqüència, per a atenuar els efectes de la carbonatació és necessari efectuar un bon curat del formigó.

1.8.2.2.2.6 Permeabilitat

El formigó és un material permeable, és a dir que, a l'estar sotmès a pressió d'aigua exteriorment, es produeix escorriment a través de la seva massa. El grau de permeabilitat del formigó depèn de la seva constitució, estant normalment comprès el seu coeficient de permeabilitat entre 10-6 i 10-10 cm/seg. Les mesures que poden esbossar-se per a assolir un major grau de impermeabilitat són:

a) Utilitzar la raó aigua/ciment més baixa possible, compatible amb l'obtenció d'una treballabilitat adequada per a l'ús en obra del formigó.

b) Utilitzar la dosi de ciment més baixa possible, compatible amb la resistència i altres condicions que estableixin les especificacions del projecte.

c) Emprar un contingut apropiat de grans fins, inclòs els aportats pel ciment, per a assolir un bon farciment de l'esquelet d'àrids del formigó. La quantitat ideal de grans fins pot establir-se a partir dels mètodes de dosatge granulomètrics.

La determinació del coeficient de permeabilitat ha d'efectuar-se necessàriament sobre la base d'assajos de laboratori, entre els quals poden esmentar-se dos tipus principals:

1) Els de permeabilitat radial, en els quals s'utilitza una proveta cilíndrica amb una perforació central, des de la qual s'aplica aigua a pressió, mesurant l'aigua escorreguda en un cert temps. Aquest tipus d'assaig permet determinar el coeficient de permeabilitat per mitjà de les fórmules d'escorriment en mitjans permeables.

2) Els de penetració de l'aigua en el formigó, en els quals una proveta cilíndrica de formigó és sotmesa a pressió d'aigua per sota (en la direcció del formigonat) i es mesura la profunditat de penetració màxima i mitjana produïda per l'aigua després d'un cert temps. Aquest assaig s'utilitza generalment de forma comparativa, encara que també permet el càlcul del coeficient de permeabilitat en forma similar al de l'assaig radial.

Figura.-25 Màquina actual en l'empresa per fer l'assaig de la permeabilitat.

(http://www.conslab.cat)

Figura.-26 Provetes trencades a tracció indirecta i amb la marca de la profunditat de penetració de l'aigua.

(http://www.conslab.cat)

1.8.3 ANÀLISI I CONCLUSIONS DE L'ASSAIG DE PENETRACIÓ

1.8.3.1 Procediment d'assaig

Tal i com estableixen els criteris i les obligacions que ha de complir una empresa per poder estar acreditada en un àmbit determinat, es necessita a part de la ubicació, i del personal necessari i especialitzat, i de la maquinària adequada i infraestructura, doncs una sèrie de documents que certifiquen que es treballa seguint unes pautes establertes i normalitzades, els quals a part de les normes d'assaig, són els procediments de treball.

Un procediment de treball és una transcripció adaptada de la norma de l'assaig, però redactada pel propi analista d'una manera abreviada i senzilla d'entendre, però sense deixar de ser coherent i complint totes les pautes pertinents.

D'aquesta manera, qualsevol persona capacitada i amb la formació adequada i sense tindre coneixements en la matèria en qüestió, llegint-se un procediment d'assaig ha de ser capaç de poder portar a terme la realització d'aquest sense cap problema.

A continuació es mostra el procediment de treball de l'assaig pel qual es farà servir la maquina que es dissenya en aquest projecte.

PROCEDIMENT DE TREBALL	(núm.)	(codi)
DETERMINACIÓ DE LA PROFUNDITAT DE PENETRACIÓ D'AIGUA SOTA PRESSIÓ DE FORMIGÓ ENDURIT		

REDACTAT	DATA	REVISAT	DATA	APROVAT
(Analista)	(Data)	(Tècnic)	(Data)	(Data)

NORMA DE COMPLIMENT: UNE-EN 12390:8-2001

1.- OBJECTE

Aquest procediment estableix un mètode per determinar l'assaig de profunditat de penetració d'aigua sota pressió a formigons endurits que han estat curats amb aigua.

2.- MATERIALS I/O EQUIPS NECESSARIS

- **Equip d'assaig**

- Consistirà en qualsevol equip en el qual la proveta d'assaig, amb les dimensions donades, es pugui situar de tal manera que la pressió d'aigua pugui actuar sobre la zona d'assaig i es pugui visualitzar la pressió aplicada de forma constant.

- Les cares de la proveta hauran de ser visibles, per tal de determinar qualsevol fuita d'aigua o per veure el transcurs del procés d'aplicació en el material assajat.

- Les dimensions de la zona d'assaig seran la meitat de la longitud del costat o del diàmetre de la superfície de la proveta en qüestió.

- S'ha de realitzar un segellat a la base amb cautxú o un altre material.

- **Provetes d'assaig**

- Les provetes seran cúbiques, cilíndriques o prismàtiques amb longitud del costat, o diàmetre, no menor de 150 mm.

- **Balança**

- Una balança amb una precisió de 0,1 mm.

- **Estufa**

- Estufa industrial per assolir una temperatura entre 110 ºC +/- 10 ºC.

- **Aigua**

- Es considera satisfactori utilitzar l'aigua de la xarxa corrent.

3.- PREPARACIÓ DE LA PROVETA

- La realització i conservació de la proveta s'ha de fer amb les condicions especificades segons la Norma UNE 83-301.

4.- PROCEDIMENT

- Un cop ha assolit la majoria d'edat, a partir dels 28 dies, s'asseca en estufa durant 24 h a 50 ºC +/- 5 ºC.

- Posteriorment, es deixa refredar fins que assoleixi 20 ºC +/- 2 ºC.

- Pesar la proveta i determinar la seva densitat aparent geomètricament.

- Es neteja la superfície d'assaig que estarà en contacte amb l'aigua (la contrària a l'acabat de la proveta, a on l'aigua penetrarà en direcció al formigonat), mitjançant un raspallat amb un raspall de pues metàl·liques.

- Es col·loca la proveta en la màquina i es subjecta fermament, col·locant una goma de cautxú a dalt i abaix de la proveta per garantir l'estanquitat i facilitar la fixació.

- S'aplica l'aigua a pressió (500 +/- 50) KPa durant 72 +/- 2 h.

- Durant l'assaig s'ha d'anar observant i controlant l'aspecte de les provetes per determinar qualsevol tipus de taca, fuita o filtració, a on donat el cas es reconsiderarà la validesa del resultat i s'haurà d'anotar a l'informe el moment del succés i les condicions de l'assaig en aquell instant.

- Després de l'aplicació de pressió durant el temps especificat, es treu la proveta del dispositiu d'assaig.i es neteja l'excés d'aigua de la cara sotmesa a pressió.

- Es trenca la proveta perpendicularment a la cara sotmesa a pressió, mitjançant el mètode per determinar la resistència a tracció indirecta del formigó segons el mètode brasiler (Norma UNE 83-306).

- Immediatament després de trencada, es marca amb un retolador el perfil definit pel front de penetració, situant al fons durant l'anàlisi la cara que ha estat en contacte amb l'aigua.

5.- EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

El resultat de l'assaig és la profunditat màxima i mitjana de penetració obtinguda per cada una de les provetes assajades (normalment una sèrie consta de tres provetes), arrodonida al mm.

6.- INFORME DE L'ASSAIG

L'informe de l'assaig ha d'incloure el següent:

a) identificació de la proveta d'assaig;

b) data i hora de realització de l'assaig;

c) descripció de la proveta;

d) profunditat de penetració màxima i mitjana, en mm;

e) qualsevol observació o incidència.

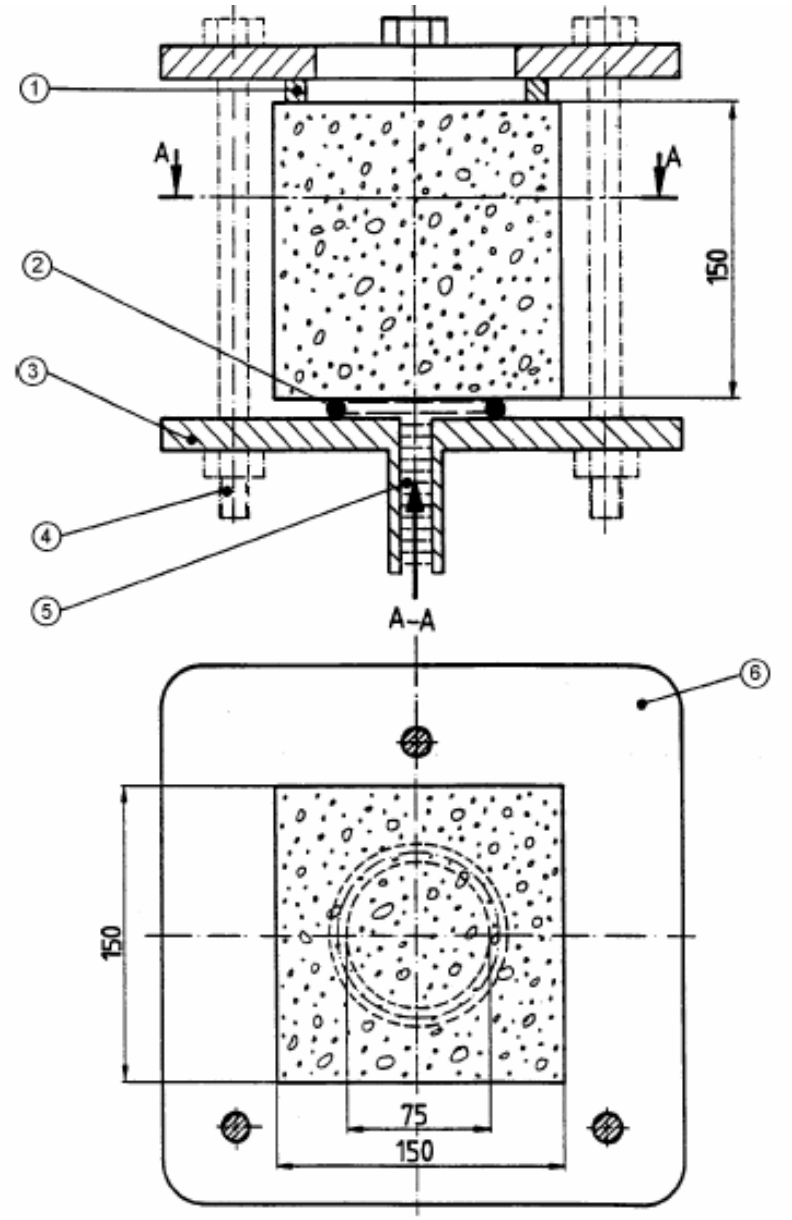


Figura.-27 Exemple de dispositiu d'assaig.

1.- Suport.
2.- Anell d'estanqueïtat.
3.- Placa cargolada.
4.- Suport cargolat.
5.- Aigua a pressió.
6.- Placa cargolada.

(http://www.conslab.cat)

1.8.3.2 Conclusions de l'assaig

La conclusió principal, és que aquest és un assaig que ens dona una informació molt important, de cara a aclarir qualsevol aspecte que ens faci dubtar sobre les característiques d'un formigó. Ja que, en el cas de que es tingui un formigó amb poca resistència o amb unes retraccions importants, doncs l'assaig per determinar la seva permeabilitat front l'aigua ens donarà unes dades lo suficientment determinants com per saber la causa d'aquests fenòmens.

D'altra banda, els resultat d'aquest assaig donaran unes característiques al formigó que afectaran també a la seva durabilitat, ja que pel que fa a les accions dels agents interns com les reaccions físico-químiques, estaran afectades per la seva quantitat d'aigua que pugui arribar a absorbir. Pel que fa a les accions de caràcter extern, que també afecten a la durabilitat, també tindran una major o menor incidència o podran afectar més o menys, segons la quantitat d'humitat del formigó.

I finalment, aquets és un assaig que cada vegada té més demanda i, en conseqüència, cada vegada és més important alhora de determinar un bon control de producció, ja que les exigències del bon funcionament del formigó i dels controls de qualitat són cada vegada més importants i determinants.

1.9 ALTERNATIVES I SOLUCIONS PER L'ESTRUCTURA

Tal i com s'ha indicat en l'apartat 1.7 de la memòria, la màquina ha de disposar d'una capacitat suficient com per a assajar sis provetes i d'un sistema d'automatització composat per una part pneumàtica formada de sis pistons per fixar-les i d'un sistema hidràulic amb una electrovàlvula per donar una injecció d'aigua regulable amb temps i pressió.

1.9.1 ESTUDI DE L'ESTRUCTURA

La màquina ha de tenir una estructura ben dissenyada, ja que ha d'ésser lo suficientment resistent com per a poder treballar amb les condicions més extremes i assegurar la seva estabilitat , resistència i durabilitat.

També, alhora de fer el disseny de la bancada, aquesta ha de tenir una major capacitat, ampliant-la per permetre assajar sis provetes de formigó alhora.

1.9.2 ALTERNATIVES I ALTRES PROTOTIPUS

Pel que fa al disseny de l'estructura, abans d'arribar al resultat final, es plantejarà el que va ser una primera solució al problema, la seva evolució i a on posteriorment serà corregida i millorada definitivament.

1.9.2.1 Primer disseny

En primer lloc, es va pensar en una estructura d'acer al carboni format per pilars de tub estructural, a on en la part superior hi hagués unes planxes de xapa en forma de semicercle i amb unes càpsules per introduir les sis provetes, i a les quals s'injectarà l'aigua per la part de sota (Figura.- 28).

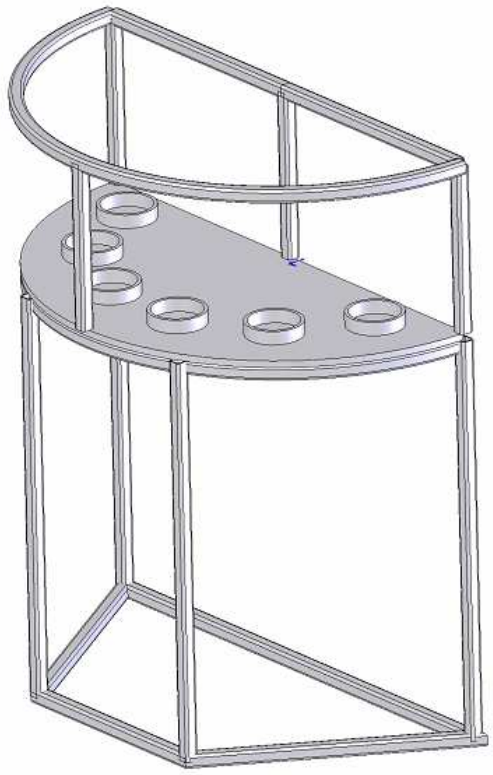


Figura.-28 Estructura inicial de la màquina d'assaig.

(Software SolidWorks 2006)

Després, es va pensar en ficar en la part superior dos actuadors pneumàtics, els quals tindrien connectats a una ròtula mòbil un plat en forma de semicercle amb l'amplada d'una proveta per tal de poder estrènyer-les en la seva superfície i amb la llargada suficient com per a subjectar tres provetes alhora (Figura.- 29).

Figura.-29 Estructura amb dos pistons i tres provetes d'exemple.

(Software SolidWorks 2006)

Seguidament, es col·loquen unes portes corredisses en la part superior, per poder tancar les provetes un cop hagi començat l'assaig, i així alhora que només es deixa visible la part a utilitzar de la màquina, també s'evitarà qualsevol tipus de perill causat per una possible projecció de formigó o d'aigua (Figura.- 30).

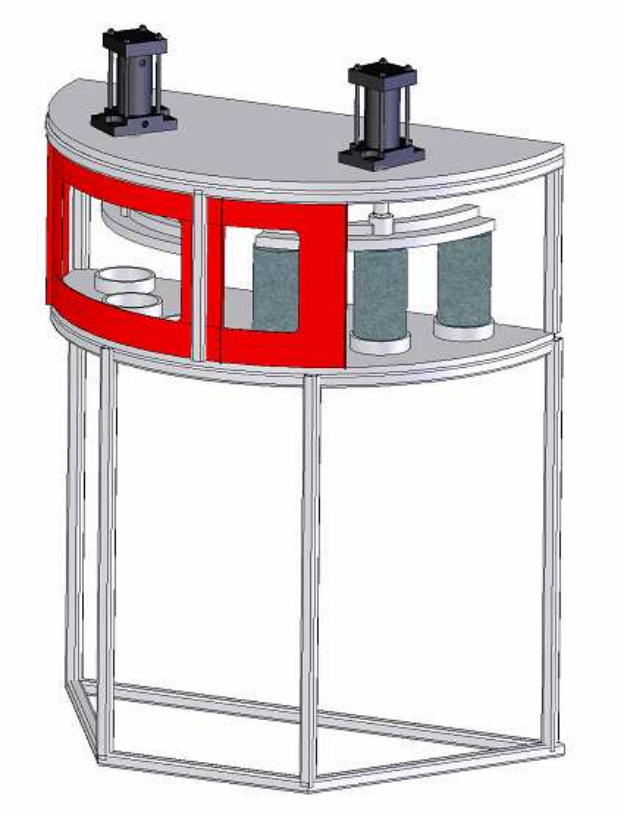


Figura.-30 Estructura amb les portes corredisses de seguretat.

(Software SolidWorks 2006)

Després, continuant amb l'evolució del disseny, es fica una altra xapa a la part superior davantera, per tancar la part dels cilindres pneumàtics, i evitar qualsevol manipulació i deixant a la vista només la part en la qual l'operari a d'actuar.

I també, s'afegeix una nova xapa semicircular a sota de les provetes, en la qual es ficarà la part de material i suport informàtic i de components electrònics.

D'altra banda, en la part més baixa de la màquina, a peu de terra, es ficaran els aparells més pesants del sistema pneumàtic i hidràulic com poden ser el compressor, al bomba i el calderí (Figura.- 31).

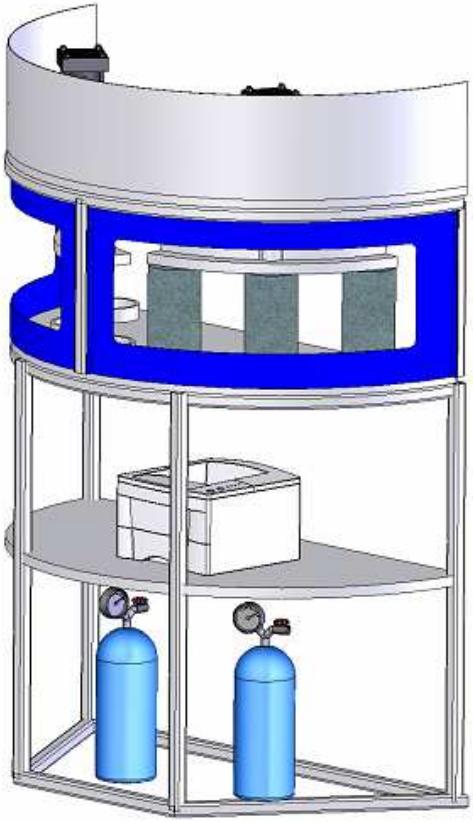


Figura.-31 Estructura amb l'estanteria inferior i el material informàtic, pneumàtic i hidràulic.
(Software SolidWorks 2006)

A continuació, així com en la part superior dels pistons, també es cobreix tota la màquina de xapa, deixant només visible la part de les portes corredisses en la qual serà a on el treballador haurà d'operar.

Tot i així, la part de material electrònic i dels aparells més pesants, tindran dues portes d'accés, lateralment i per ambdós costats de la màquina (Figura.- 32).

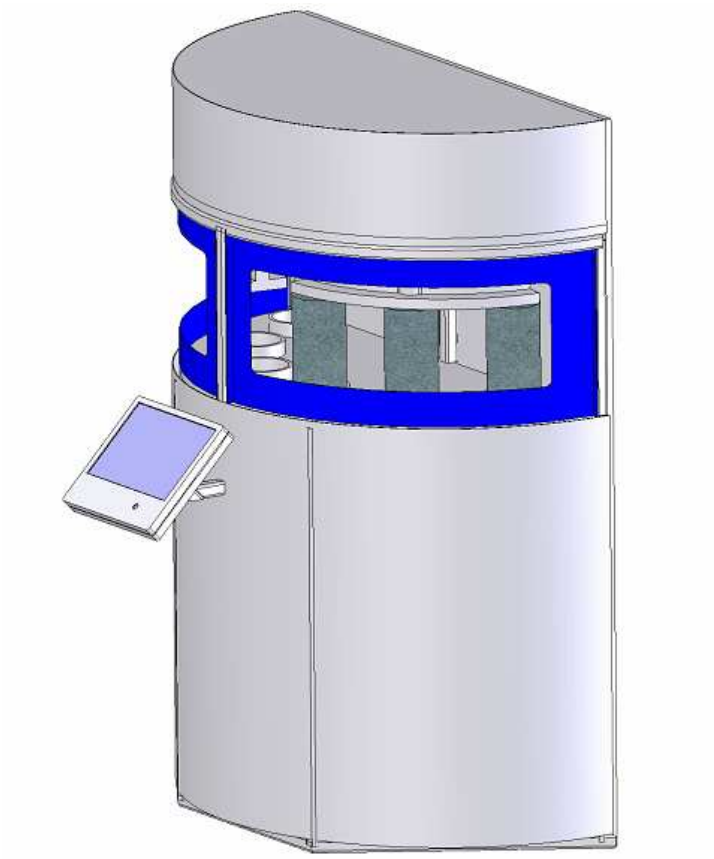


Figura.-32 Estructura coberta de xapa deixant visible
les parts a utilitzar i una pantalla pel control automàtic.
(Software SolidWorks 2006)

Finalment, i per poder accedir al control automàtic de la subjecció de les provetes mitjançant els pistons i a la part de la regulació del temps i la pressió d'injecció d'aigua, s'ha adaptat una pantalla de control que sobresurt de la màquina mitjançant un extensòmetre mòbil, per poder maniobrar fàcilment (Figura.- 33).

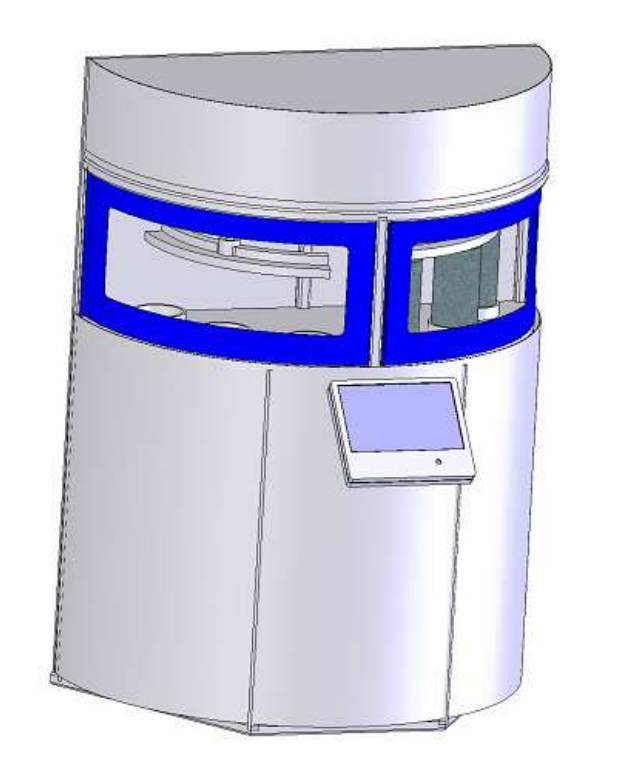


Figura.-33 Estructura amb les portes corredisses i la pantalla, des d'un altre angle.

(Software SolidWorks 2006)

1.9.2.2 Segon disseny

En primer lloc, la primera correcció del primer disseny abans esmentat, és la quantitat de pistons pneumàtics. Enlloc de ficar-ne dos, es passa a la col·locació de sis cilindres (Figura.- 34).

Aquest canvi és a causa de que les provetes, en la seva part superior no tenen una superfície llisa. Ja que, en el seu procés de fabricació, aquesta part és la que queda més rugosa, ja que tot i que un cop s'omple el motlle de formigó fresc s'allisa amb una llana, mai queda llisa del tot ni paral·lela a la base de la proveta.

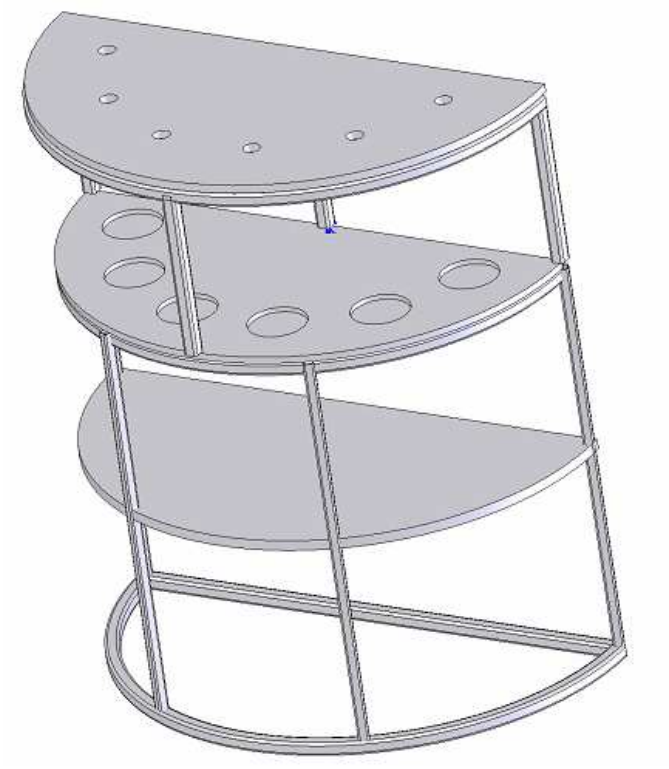


Figura.-34 Estructura amb els forats per ficar-hi els sis pistons.

(Software SolidWorks 2006)

Aleshores, ara es fica un pistó per cada proveta, els quals ara tindran acoblats un plat metàl·lic de forma circular (una mica més gran que la superfície de la proveta) i amb una ròtula mòbil.

D'aquesta manera, s'adaptaran millor a la superfície de cada proveta i els hi conferiran una molt més bona subjecció, salvant qualsevol irregularitat de la peça (Figura.- 35).

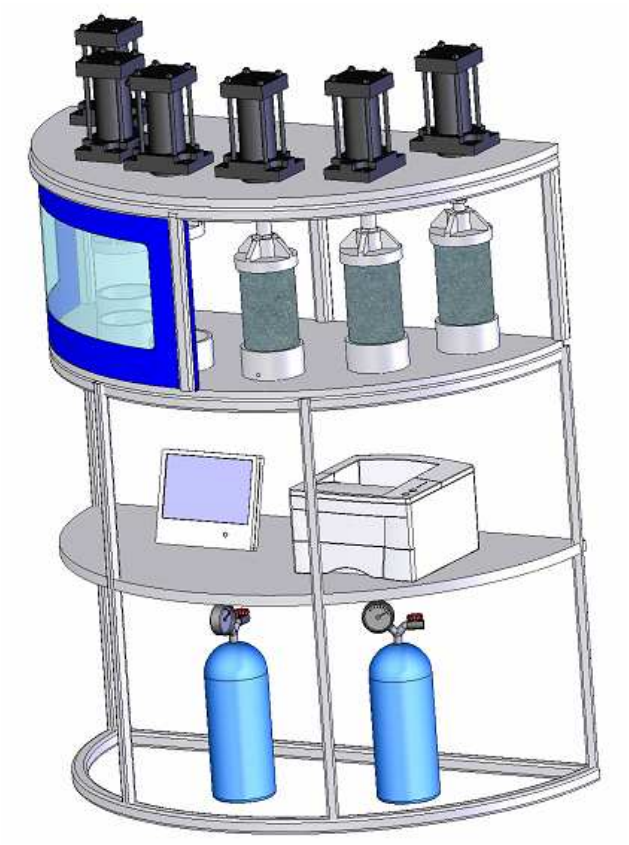


Figura.-35 Estructura amb els sis pistons i les provetes i material d'assaig.

(Software SolidWorks 2006)

Respecte a les portes corredisses i a l'estructura del tancament mitjançant la xapa, no hi ha cap canvi.

Però sí respecte la pantalla de control, la qual es canvia i es fica interior a la màquina, amb una petita finestreta per poder-hi accedir a la seva manipulació. Ja que la màquina estarà en un laboratori, a on hi haurà moviment personal i una quantitat considerable de pols a causa de les mostres d'assaig (Figura.- 36).

D'aquesta manera es podrà evitar trencar-la amb un possible cop d'alguna persona al passar-hi a prop, o per la brutícia acumulada en els dispositius electrònics degut a l'ambient del laboratori.

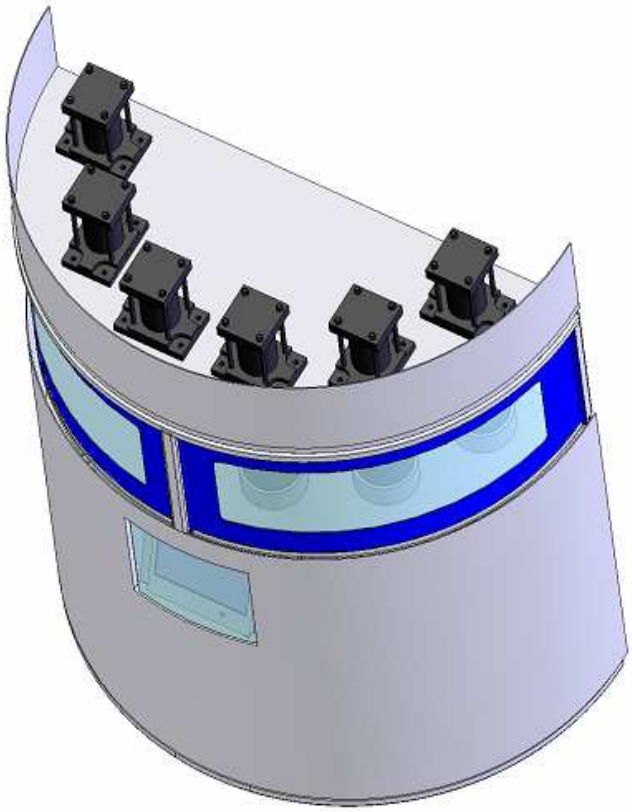


Figura.-36 Estructura coberta de xapa i amb la pantalla de control interna, des d'un angle superior.

(Software SolidWorks 2006)

La vista anterior es des de dalt, a on es poden apreciar els sis pistons i la pantalla interna. A sota, es pot veure una imatge frontal de la màquina acabada, amb les portes corredisses tancades, la xapa de tancament (de 2 mm) i la finestra de la pantalla de control (Figura.- 37).

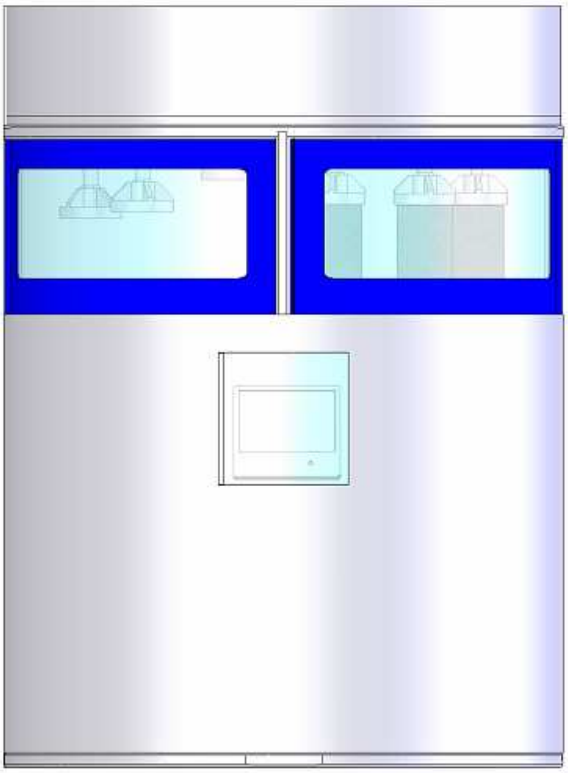


Figura.-37 Estructura coberta de xapa i amb la pantalla de control interna, vista de front.

(Software SolidWorks 2006)

I una altra imatge de la màquina, vista de perfil i en la qual també es pot apreciar a dins de les portes, les provetes col·locades amb els seus respectius plats de subjecció a sobre, tal i com seria en estat de procés de l'assaig (Figura.- 38).

Figura.-38 Estructura coberta de xapa i amb la pantalla de control interna, vista de costat.

(Software SolidWorks 2006)

Finalment, el darrer canvi realitzat, a causa d'anar tenint noves idees a fi de millorar el disseny inicial, és la col·locació d'unes noves càpsules per introduir les provetes (Figura.- 39).

Al principi la idea era de injectar l'aigua per sota, però com que a l'estanteria de sota hi hauran els components informàtics i electrònics, doncs era una opció perillosa ja que en cas de fuita d'aigua es podrien espatllar els aparells de l'automatització i deixar la màquina inutilitzable.

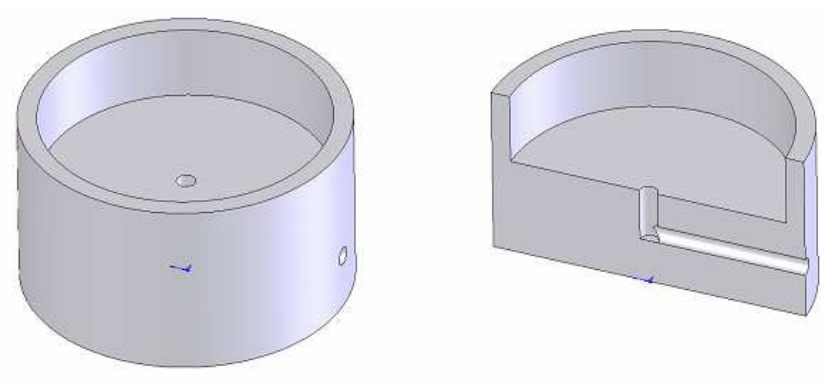


Figura.-39 Base de les provetes amb la connexió lateral de l'entrada de l'aigua.
(Software SolidWorks 2006)

Llavors, la millora consisteix en que la injecció de l'aigua enlloc de ser-hi per sota es farà per un lateral de la càpsula, tal i com es veu en el dibuix. D'aquesta manera els tubs de connexió estaran en la mateixa estanteria que les provetes, i si hi ha una petita fuita es podrà quedar l'aigua retinguda a dins del recipient.

Ja que les càpsules es faran una mica més amples que el diàmetre de les provetes perquè puguin entrar a dins sense cap problema, i amb una mica d'alçada per tal de que si hi ha una petita fuita es pugui acumular l'aigua a dins del recipient.

1.9.2.3 Tercer disseny

Un cop fets els canvis anteriorment esmentats, anaven sorgint més idees i en conseqüència, l'evolució de l'estructura.

En d'aquest primer disseny es pot apreciar la col·locació de dues columnes en la part frontal de sota i una en la part central de dalt. I per darrere veiem que en la part de dalt també hi ha una columna central i en la de sota no n'hi ha cap (Figura.- 40).

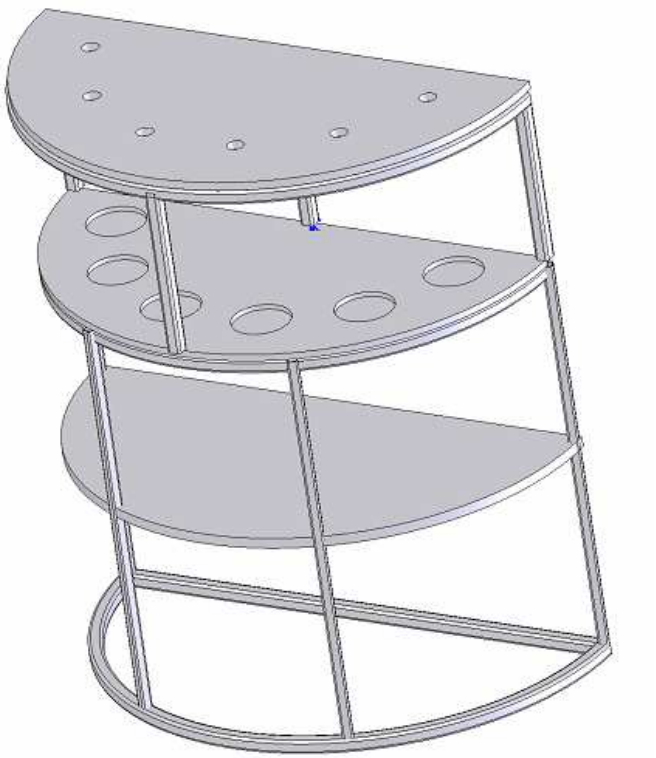


Figura.-40 Estructura amb les columnes de suport i els forats dels pistons.

(Software SolidWorks 2006)

A continuació (Figura.- 41), per reforçar l'estructura a causa de les tensions acumulades, segons els càlculs realitzats amb el programa de disseny SolidWORKS, doncs es decideix col·locar unes biguetes estructurals en forma de passamà calibrat, tant a la part de la xapa dels pistons (set a dalt) com a la de les provetes (cinc per sota). I a la part de dalt també aniran dos més per la part de darrere, per reforçar la xapa i fer d'unió dels cinc passamans.

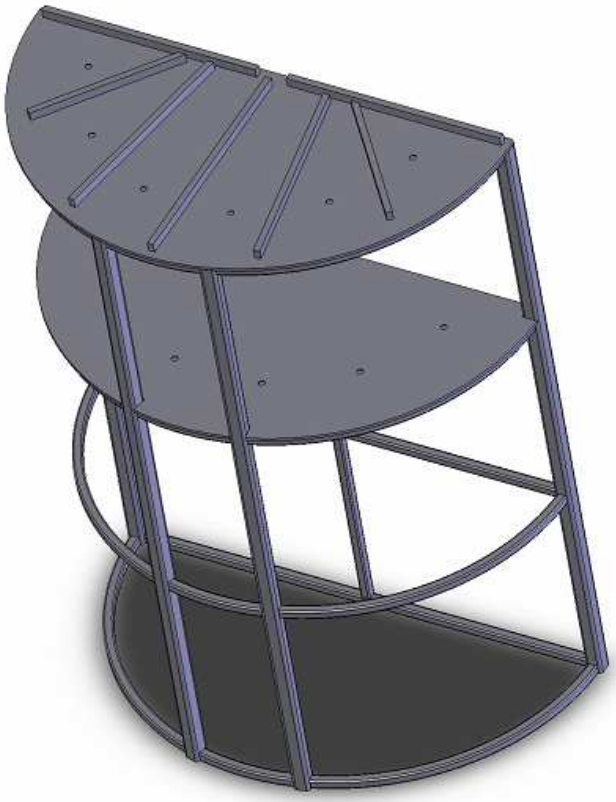


Figura.-41 Estructura reforçada amb les biguetes de passamà calibrat a dalt i a sota de les provetes.

(Software SolidWorks 2006)

Així, com es pot comprovar, es tracta de que la part de dalt del primer pis, es comporti com una sola peça, ja que els pistons a l'estrènyer les provetes cap avall i segons les lleis físiques, doncs provocarà una acció en el primer pis cap avall i una reacció en la base dels pistons cap amunt. Llavors, l'estructura tendirà a separar-se (Figura.- 42).

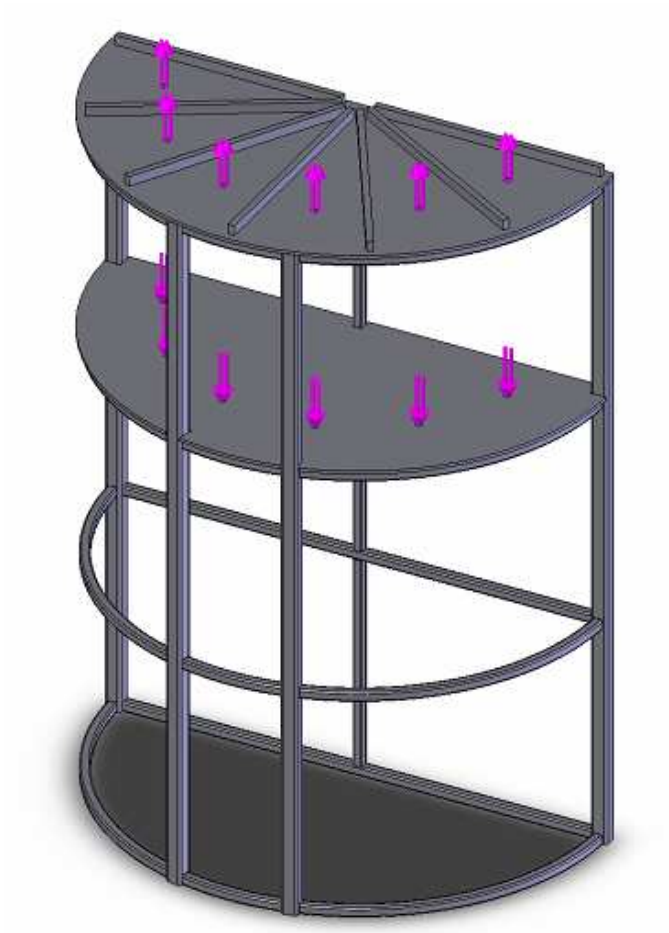


Figura.-42 Estructura amb les forces provocades al aplicar els pistons i la injecció.

(Software SolidWorks 2006)

Per això, es reforça amb els passamans col·locats d'aquesta manera, els quals confereixen a la màquina d'una estructura molt més reforçada i estable.

1.9.2.4 Quart disseny

Després de fer diverses proves i càlculs, es demostra que canviant de posició els passamans i els pilars, l'estructura té una major estabilitat a les deformacions i és més resistent.

Figura.-43 Estructura amb els nervis units en un punt.

(Software SolidWorks 2006)

Llavors, ara es pot apreciar l'estructura definitiva (Figura.- 43), amb la col·locació dels passamans amb un punt d'unió comú i ficant dos pilars de dalt a baix i en tota la part davantera de la màquina i un pilar al mig en la part de darrere i d'unió amb dels passamans.

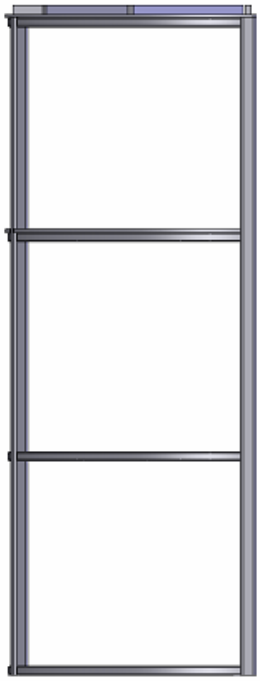


Figura.-44 Estructura amb els nervis units en un punt.

(Software SolidWorks 2006)

1.9.3 ANÀLISI DE SOLUCIONS I DECISIONS FINALS

Un cop realitzats tots els canvis anteriorment esmentats, ara el disseny s'ha hagut de tornar a dimensionar. Llavors, d'aquesta manera ara tindrà uns gruixos de paret més petits, donant-li un disseny molt més pràctic i viable, tant alhora de la facilitat de fabricació, com de montatge i com també per reduir el cost del producte (Figura.- 45).

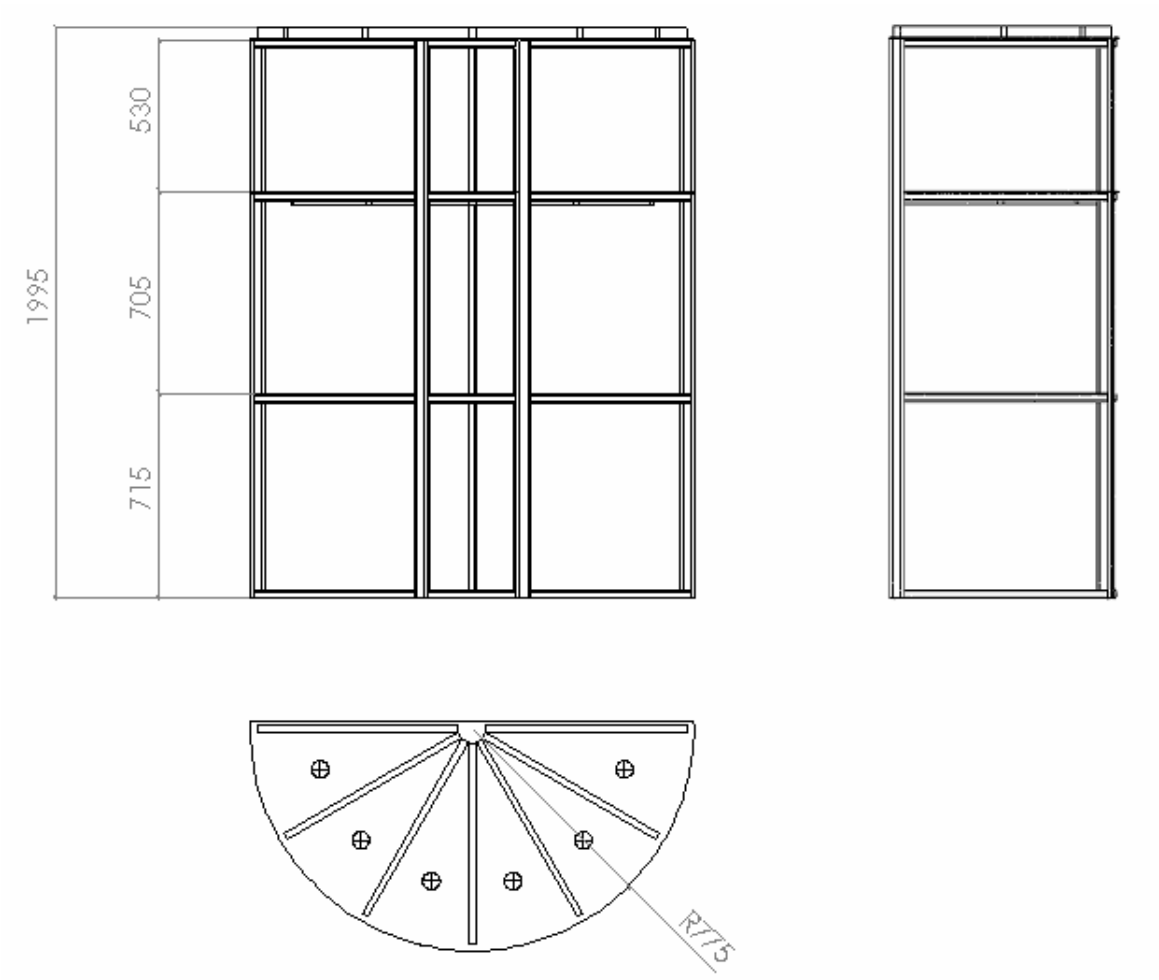


Figura.-45 Estructura amb les dimensions definitives.

(Software SolidWorks 2006)

Finalment, ja es pot apreciar l'estructura definitiva (Figura.- 45), amb la col·locació dels passamans de reforç amb un punt d'unió comú i ficant dos pilars de dalt a baix en tota la part davantera de la màquina, i un pilar al mig en la part de darrere i agafant el punt d'unió dels reforços.

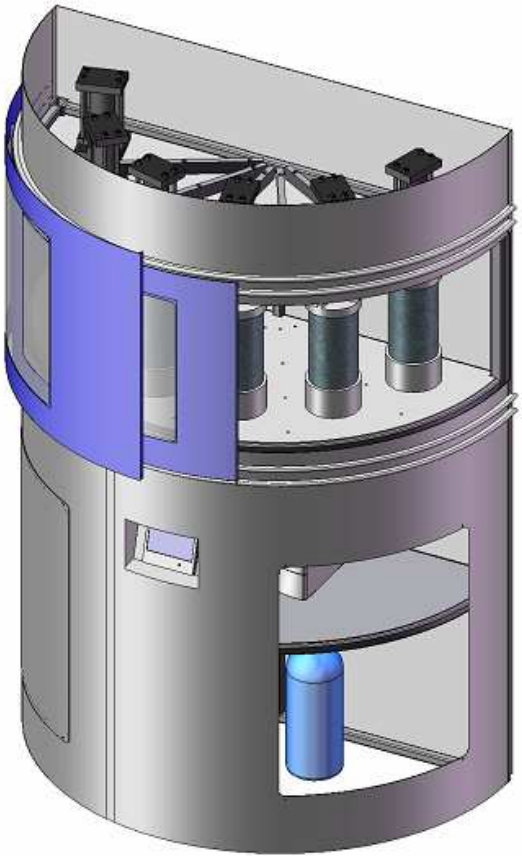


Figura.-46 Estructura i màquina definitiva.

(Software SolidWorks 2006)

1.10 DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA MÀQUINA

1.10.1 DISSENY DE L'ESTRUCTURA

1.10.1.1 Pilars

1.10.1.1.1 Tub Estructural

Per la seva forma i poc pes presenta un bon comportament tant a esforços de tensió com de resistència al vinclament. Té una bona facilitat al muntatge i fàcil soldadura. La superfície exterior és reduïda i sense angles vius ni rebabes. Permet gran protecció contra la corrosió i una variada disponibilitat de formes.

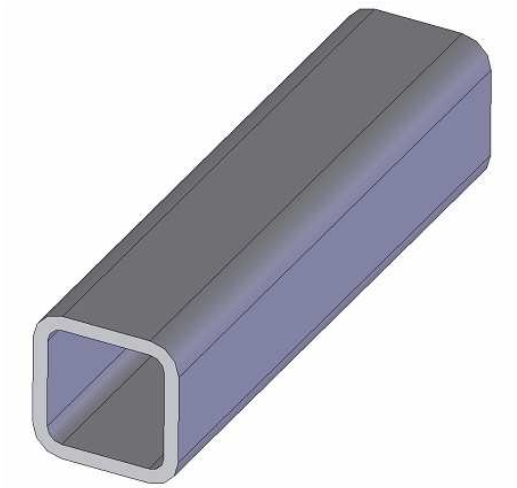


Figura.-47 Pilars de la màquina de tub estructural.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.2 Planxes

1.10.1.2.1 Xapa Gruixuda

Té moltes aplicacions i una bona disponibilitat en el mercat en les combinacions espessor/amplada més comuns i en diverses grandàries. I s'utilitza principalment en el sector de la construcció i en la construcció mecànica, com per exemple de contenidors, tancs d'emmagatzematge i tot tipus de perfils. La xapa de suport de la màquina té un gruix de 5 mm (amb una capa de imprimació anticorrosiva) i la de tancament és de 2 mm.

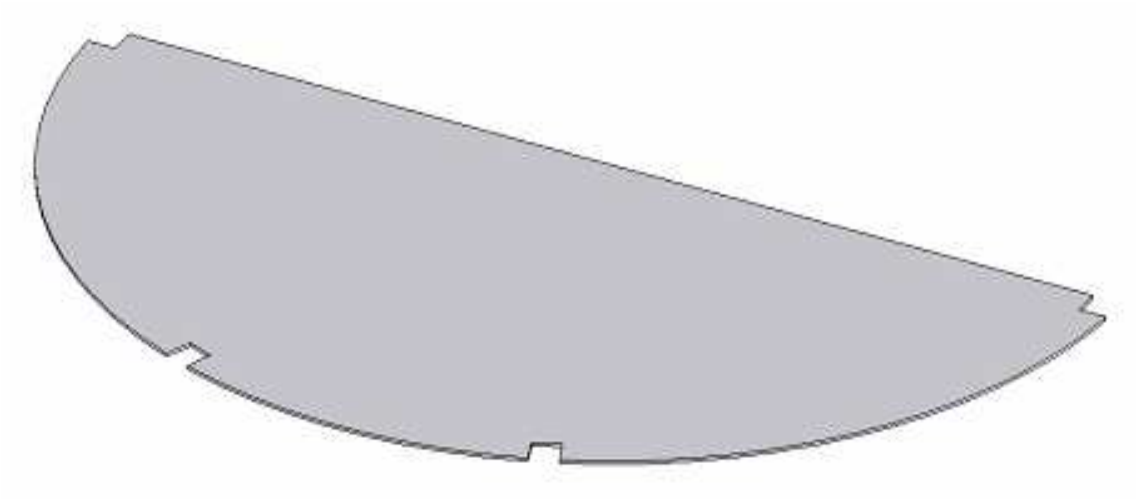


Figura.-48 Planxes per la sustentació del material.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.3 Biguetes

1.10.1.3.1 Pasamà calibrat

Producte laminat en calent la secció del qual és rectangular. Treballa com a nervi de reforç i és resistent a esforços de flexió, tracció i de vinclament. És de fàcil aplicació a la soldadura i al seu montatge, el qual es farà mitjançant cargols i és realitza d'una manera ràpida i còmoda. Es poden observar els forats pels quals es cargolarà a la planxa.

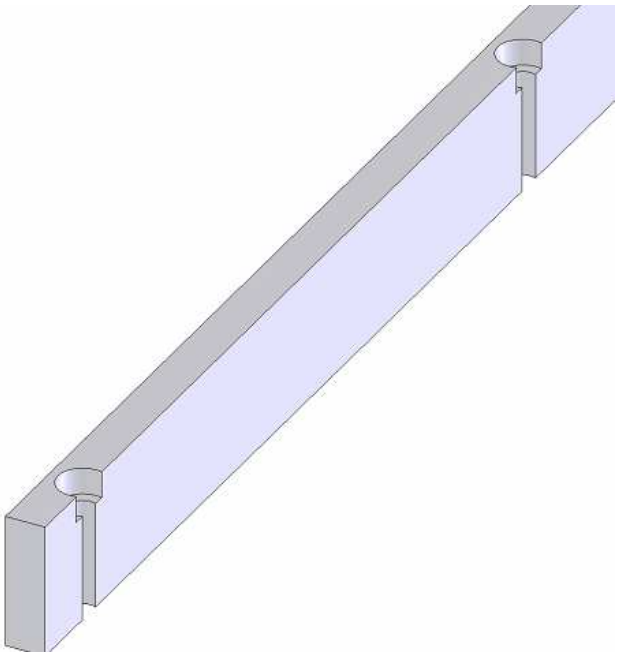


Figura.-49 Passamà de reforç de les planxes de l'estructura.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.4 Punta pistó

1.10.1.4.1 Plat d'acoblament

Producte laminat en calent amb una bona resistència a la compresió. Presenta facilitat a la soldadura i de fàcil montatge .Disposa de quatre nervis per tal d'aplicar més força i tenir una major resistència, i d'un forat roscat al mig per ficar-hi la punta del pistó.

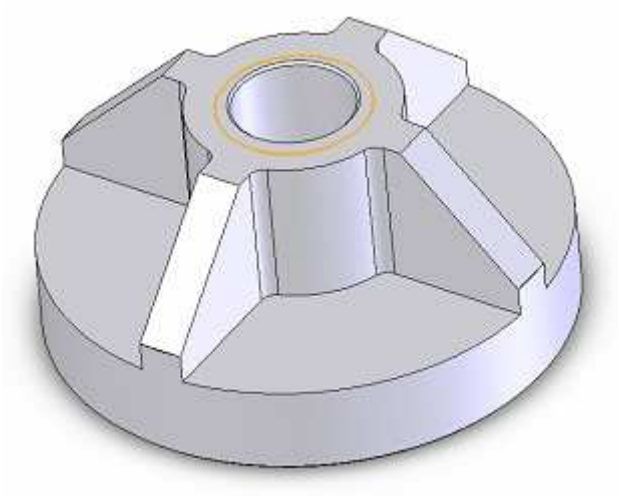


Figura.-50 Plat d'acoblament amb la punta del pistó, per la subjecció de les provetes.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.5 Base provetes

1.10.1.5.1 Duro-Alumini

Producte realitazat mitjançant fosa d'alumini, el qual permet una bona mecanització per tal de fer un trepat per on passarà l'aigua d'injecció. També té gran resistència a la tracció i a la corrosió. Es poden observar les connexions per la injecció lateral de l'aigua i els dos forats roscats que té per sota, per poder fixar-la a la planxa

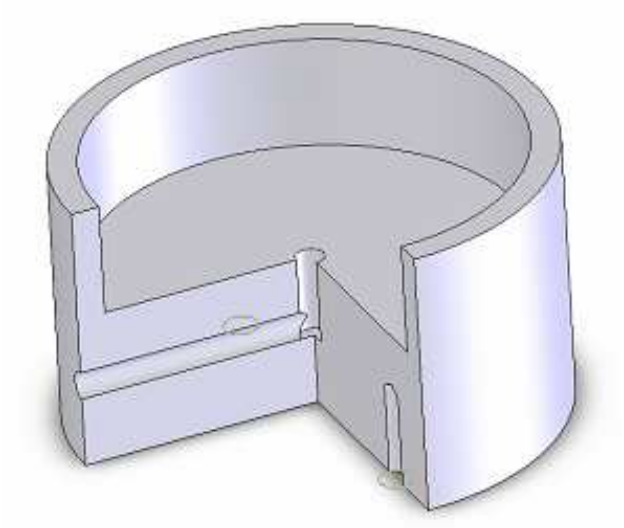


Figura.-51 Base de la proveta per la injecció de l'aigua.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.6 Adaptador base provetes

1.10.1.6.1 Duro-Alumini

Producte realitzat mitjançant fosa d'alumini, el qual permet una bona mecanització per tal de fer un trepat per on passarà l'aigua d'injecció. També té gran resistència a la tracció i a la corrosió. S'encaixarà a dins de la base fixa, per tal de poder assajar provetes amb diàmetres inferiors, ja que té una paret externa més gruixuda per tal d'obtenir un diàmetre intern inferior (que serà una mica més gran que el diàmetre de la proveta assajar perquè es pugui ajustar bé).

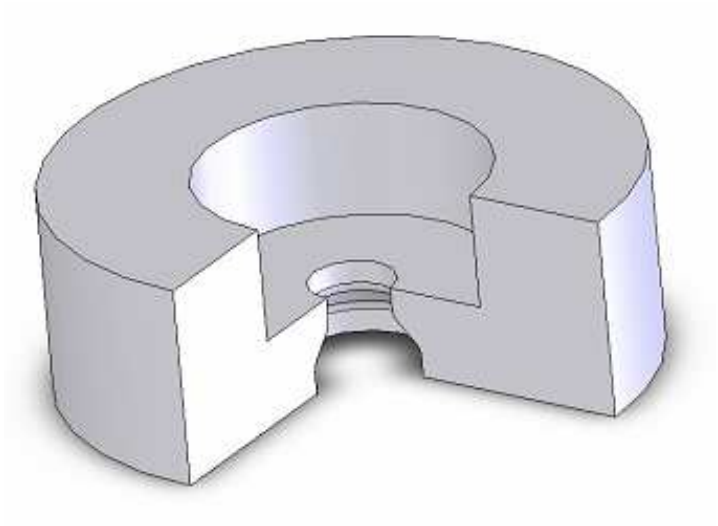


Figura.-52 Adaptador de base per a provetes de diàmetres inferiors a 150 mm.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.7 Tancament de seguretat

1.10.1.7.1 Portes corredisses

Portes de tancament de la part visible de la màquina, la qual és l'unica part de la màquina en la que l'operari ha de treballar per ficar o treure les provetes. També evitarà una possible projecció cap a l'exterior d'aigua o de parts de formigó de les provetes en cas de incidència. Estan formades per un gruix de xapa de 2 mm, una pantalla central rectangular de metacrilat per veure el procés en tot moment i per una guia corbada per la qual es mouen.

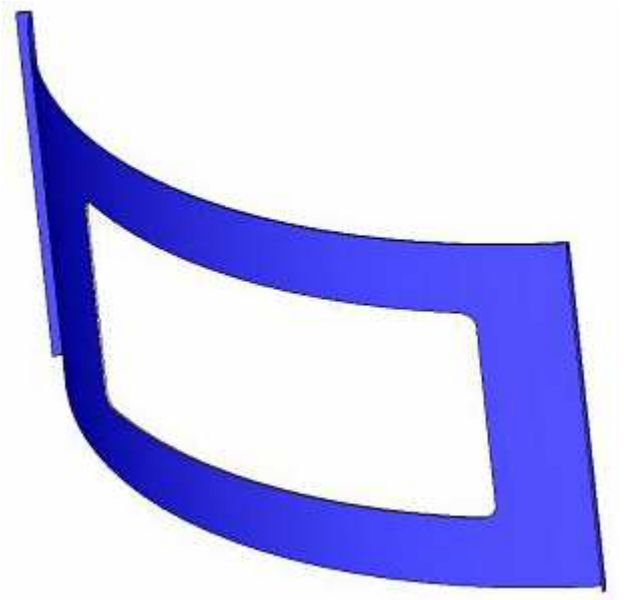


Figura.-53 Portes corredisses de tancament de les provetes de 2 mm.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.1.8 Potes màquina

1.10.1.8.1 Silent Block

Soport per repartir la càrrega i absorvir vibracions i xocs, constituït per una armadura circular adherida al cautxú, la base del qual té un forat interior per aconseguir l'efecte de ventosa dessitjat. Té una varilla roscada amb dues femelles i una rosca de nivelació per una fàcil instal·lació. Les seves aplicacions bàsiques són per a maquinària general, fressadora, torns, premses i compressors.

Figura.-54 Potes de la màquina, per la repartició de càrregues i absorció de vibracions.

(Software SolidWorks 2006)

1.10.2 AUTOMATITZACIÓ

1.10.2.1 Sistema pneumàtic

1.10.2.1.1 Compressor

Es necessita un compressor per alimentar contínuament de caudal d'aire al circuit pneumàtic, perquè els pistons treballin durant tot el procés exercint la pressió adequada. S'utilitzarà un compresor de 2 CV de potència i 50 L de capcitat i per poder proporcionar fins a 8 bar de treball.

1.10.2.1.2 Filtre

El filtre és una part fonamental en el circuit pneumàtic, ja que depura l'aire que alimenta el circuit per tal de que tingui la qualitat i composició adient i estigui en les condicions òptimes de treball. S'utilitzarà un filtre coalescent, capaç d'eliminar aerosols d'oli i aigua de fins a 0,01μ.

1.10.2.1.3 Electrovàlvula distribució

La seva funció és regular i distribuir automàticament el pas d'aire als cilindres, per tal de que aquests tinguin el caudal necessari per treballar.

1.10.2.1.4 Pistó

Els pistons seran de doble efecte, amb una carrera de 100 mm i exerciran una força cap avall en la superfície de les provetes de 3.500 N treballant a 6 bar de pressió, per tal de que facin la funció de fixar les provets correctament i evitar qualsevol fuita d'aigua.

1.10.2.1.5 Electrovàlvula accionament

La seva funció és regular i donar pas automàticament del caudal d'aire als cilindres, per tal de donar la ordre de pujar o baixar.

1.10.2.1.6 Conjunt de brides, tubs, ràcors i regleta

Són els diferents components del circuit necessaris per tal de fer funcionar tot el conjunt. Hi ha tot un seguit d'accessoris per a linies d'aire, per tal d'establir un bon funcionament en el conjunt del circuit pneumàtic, fixant els aparells, assegurant l'estanquitat, mantenint i distribuint la pressió de treball o accionant uns entre els altres.

1.10.2.2 Sistema hidràulic

1.10.2.2.1 Electrobomba

La seva funció és d'augmentar la pressió disponible en la xarxa d'aigua corrent, per tal de poder abastir al circuit per la injecció. Té una potència d'1,5 CV i és del tipus monobloc de rodet perifèric, per a líquids nets, no agressius i sense partícules sòlides en suspensió, la qual s'utilitzarà per donar una pressió de 5 bar al circuit de manera continua.

1.10.2.2.2 Calderí

L'acumulador hidropneumàtic de membrana recanviable utilitzat és d'una capacitat de 25 L, el qual emmagatzema l'aigua per tindre abastit en tot moment al circuit en cas de que no hi hagués caudal a la xarxa.

1.10.2.2.3 Pressostat

Serveix per accionar la bomba en cas de baixada de pressió en el circuit, i així poder mantenir la pressió constant de sortida de la bomba i, en definitiva la del circuit.

1.10.2.2.4 Reductor

Permet reduir la pressió de sortida de la bomba en cas necessari i reconduir-la als valors establerts del procés. Està format per un regulador de pressió PR500, el qual es controla per un pilot de control regulador de pressió graduable amb una molla.

1.10.2.2.5 Manòmetre

Amb una capacitat de 0 a 10 Kg mesura la pressió amb la que surt l'aigua de la bomba per alimentar al circuit.

1.10.2.2.6 Electrovàlvula

S'utilitza una electrovàlvula reguladora de pressió, per tal de regular i donar pas automàticament del caudal d'aigua i així injectar a les sis provetes una pressió de 5 bar.

1.10.2.2.7 Ràcor

Disposa de cinc vies i fa de pont connector entre la bomba, els tubs i la electrovàlvula per tal de poder transmetre el caudal d'aigua.

1.10.2.3 Sistema electrònic

1.10.2.3.1 Controlador electrònic

L'aparell s'anomenat ABIC-Cons i és el controlador electrònic utilitzat per l'automatització de la màquina, el qual s'utilitza pels diferents assajos destinats als materials de construcció.

1.10.2.3.1.1 Circuiteria

Aquesta part de l'aparell està formada de tres components, els quals són els següents:

- **Microcontrolador PIC 18f6410**

Aquest component és el xip amb el qual es controlen totes les funcions de l'aparell.

- **Pantalla LCD de 2x16 caràcters**

És el display en el qual es visualitzarà el menú i les operacions desitjades, el qual disposa de dues linies d'escriptura amb setze caràcters cadascuna.

- **Teclat multifunció (sis polsadors)**

És el teclat amb el qual s'interactua amb l'aparell, transmetent-li totes les ordres de funcionament del procés. Aquest consta de sis polsadors, dels quals quatre són de moviment, un d'introducció de dades i l'altre per la funció de retrocés.

1.10.2.3.1.1.1 Entrades

- **Vuit entrades digitals TTL**

Són les entrades digitals de les dades que es van donant donant al dispositiu per tal de realitzar les operacions pertinents.

- **Vuit entrades analògiques**

Són les entrades analògiques de les dades, les quals es subdivideixen en dos tipus, segons el rang d'intensitat amb el qual treballen:

- Dues d'intensitat de 4-20 mA, ja que és el rang d'intensitat amb el que treballen aquestes dues entrades.

- Dues de tensió de 0-10 V, ja que treballen en aquets rang d'intensitat.

1.10.2.3.1.1.2 Sortides

L'aparell consta de dos tipus de sortides:

- Setze sortides digitals amb contacte lliure.

- Quatre sortides modulars.

1.10.2.3.1.1.3 Rellotge/Calendari

Consta de vuit alarmes independents perquè es puguin activar cadascuna amb la seva activitat concreta.

1.10.2.3.1.1.4 Comunicacions

Hi ha quatre tipus de comunicació, per tal de tenir una gran versatilitat alhora de transmetre les dades obtingudes:

- **Bus IIC**

És la interface que utilitzarem per introduir les dades de la màquina.

- **Bus RS232**

És el port sèrie per a connectar a un PC, amb el qual treballarem un cop enregistrades totes les dades.

- **Modem telefònic**

Modem que ens connectarà amb la xarxa telefònica.

- **Modem radiofreqüència**

Modem que ens permet comunicar-nos a distància per via de radio.

1.10.2.3.1.2 Programació

- **Llenguatge nemotècnic**

Aquest és el tipus de programació amb que està dissenyat l'aparell, el qual es basa en una seqüència de números i caràcters específics per cada tipus de màquina i de funció a realitzar.

- **128KB de memòria Flash**

Aquesta és la quantitat de memòria flash que utilitza l'aparell.

- **8KB de memòria RAM**

És la quantitat de memòria RAM auxiliar que utilitza l'aparell.

- **4KB de memòria EEPROM**

És la quantitat de memòria EEPROM auxiliar que utilitza l'aparell.

2. ANNEX 1

DISSENY DE L'ESTRUCTURA

ÍNDEX DE L'ANNEX 1

ÍNDEX DE FIGURES DE L'ANNEX 1

2.1 INTRODUCCIÓ

Davant la competència existent en el mercat del control de qualitat, es projecta la construcció d'una nova bancada per la màquina de penetració, imprescindible tant per al bon tractament del producte com per a les preceptives proves de recepció per part del client.

Aquest banc d'assajos disposarà de resistència, capacitat i equipament necessaris per a abordar els assajos amb més prestacions, satisfent així les especificacions de les normes actuals. La nova bancada requereix una estructura per a la utilització de sis provetes i sis pistons que permeti l'acoblament i fixació d'aquestes en la màquina. També disposarà dels dispositius necessaris per a la instal·lació pneumàtica, hidràulica i per a la instrumentació electrònica.

2.2 PROGRAMA DE DISSENY

El mètode dels elements finits (MEF) és un mètode numèric molt general per a la resolució d'equacions diferencials molt utilitzat en diversos problemes d'enginyeria i física. El mètode es basa en dividir el cos, estructura o domini (mitjà continu), sobre el qual estan definides certes equacions integrals que caracteritzen el comportament físic del problema, en una sèrie de subdominis no intersectants entre si denominats"elements finits".

El conjunt d'elements finits forma una partició del domini també denominada discretització. Dintre de cada element es distingeixen una sèrie de punts representatius denominats "nodes". Dos nodes són adjacents si pertanyen al mateix element finit; a més, un node sobre la frontera d'un element finit pot pertànyer a diversos elements. El conjunt de nodes considerant les seves relacions d'adjacència es diu "malla".

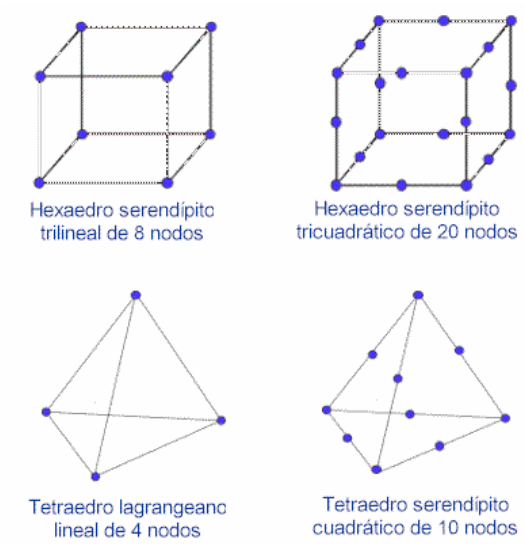


Figura.-55 Mallat superficial amb els nodes de figures geomètriques en 3D.

(http://www.cimne.upc.es)

L'objectiu del present projecte ha estat realitzar una anàlisi estàtica d'aquesta bancada mitjançant l'ús d'un programa de disseny i simulació, com és el SolidWORKS. És el primer sistema de CAD que ofereix una proposta de disseny en 3D natural Windows. Ofereix les funcions més avançades en el camp de la modelització de peces, la definició de formes complexes, la creació i la gestió de grans muntatges i la seva plasmació en plànols, que permet passar d'un entorn de disseny en 2D a un altre en 3D.

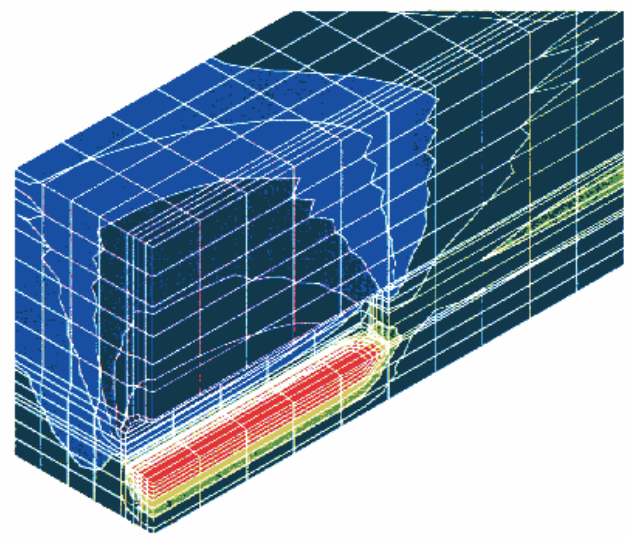


Figura.-56 Anàlisi tridimensional del front d'excavació d'un tunel.

(http://www.cedex.es)

El procés consisteix a transvasar la idea mental del dissenyador al sistema CAD, construint virtualment la peça o el conjunt mecànic. És un programa de disseny paramètric, és a dir, que en el cas que es modifiqui un segment, una entitat, una operació, etc...., es modifica tant la seva peça en la seva totalitat, com el seu acoblament, el seu dibuix, etc...donant-nos una facilitat de treball molt bona.

COSMOSWorks és l'eficaç programari de validació i optimització de dissenys que està integrat amb el programa de SolidWorks. És l'eina ideal basada en l'anàlisi per elements finits.

2.3 CÀLCULS REALITZATS

Per al correcte disseny de totes les peces i components de la màquina, s'utilitza un dels programes de disseny més moderns, especialitzats i adaptats per a la concepció de tot tipus d'estructures, aquest com ja s'ha dit és el SolidWORKS.

Aquest programa es composa per una potent arma pel càlcul matemàtic i pel disseny de tot tipus de formes, basada en el mètode dels elements finits.

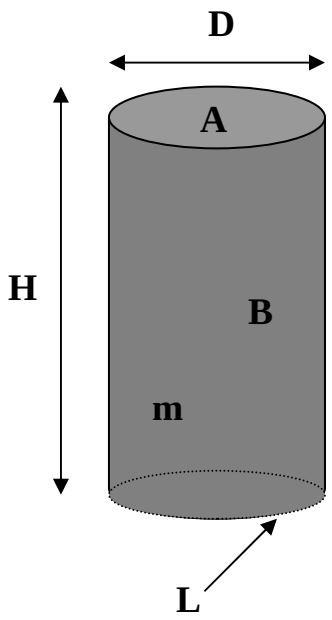
Però, l'estudi tècnic inclou els càlculs que fan reforçar la presa de decisions portades a terme durant el desenvolupament del projecte.

Aquest estudi aporta la base teòrica de càlcul necessària per al correcte disseny de les diferents parts i elements que conformaran la màquina.

2.3.1 PROVETA

2.3.1.1 Dimensions de la proveta

Les dimensions de les provetes que s'utilitzen per portar a terme la realització d'aquest assaig, són les següents:



- H = **300 mm**
- D = **150 mm**
- Massa proveta (m) = $\delta \cdot V = 12{,}99 \approx$ **13 Kg**
- Àrea base (A) = $(\pi \cdot D^2)/4$ = **17.671,46 mm^2**
- Longitud perímetre (L) = $\pi \cdot D$ = **471,24 mm**
- Àrea costat (B) = $L \cdot H = \pi \cdot D \cdot H$ = **141.371,67 mm^2**
- Àrea total (A_T) = $2 \cdot A + B = (\pi \cdot D^2)/2 + \pi \cdot D \cdot H \Rightarrow$
  $= \pi \cdot D \cdot (D/2 + H)$ = **176.714,59 mm^2**
- Volum (V) = $A \cdot H = ((\pi \cdot D^2)/4) \cdot H$ = **5.301.437,60 mm^3**

2.3.1.2 Densitat del formigó

La densitat del formigó es defineix com el pes per unitat de volum. Depèn de la densitat real i de la proporció en que participen cadascun dels diferents materials constituents del formigó. Per als formigons convencionals, formats per materials granulars provinents de roques no mineralitzades de l'escorça terrestre, el seu valor oscil·la entre 2.350 i 2.550 kg/m^3.

Per lo tant, i agafant la mitjana de ambdós valors, tenim una densitat estàndard de treball sobre la qual farem els càlculs pertinents referents a les provetes i el disseny de la màquina:

$$\delta = 2.450 \text{ Kg/m}^3$$

2.3.2 CONJUNT PROVETA-PISTÓ

2.3.2.1 Forces aplicades

Un cop estigui la proveta col·locada en la màquina, aquesta es fixarà per sobre amb l'aplicació d'un plat mòbil, mitjançant una ròtula i que estarà accionat per un pistó. Les forces aplicades en aquest conjunt d'elements del sistema són les següents:

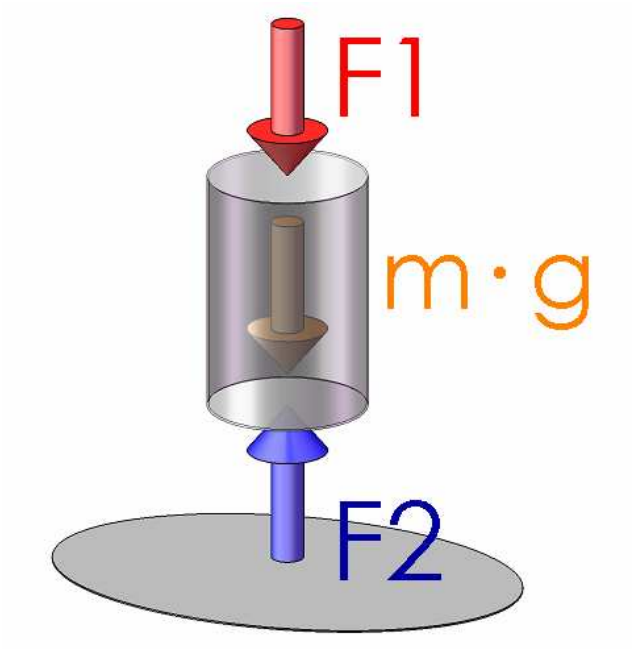


Figura.-57 Esquema de forces de la proveta fixada en la màquina.

(Software SolidWorks 2006)

En aquets muntatge només tenim forces que actuen en el pla vertical. És a dir, cap amunt per les provocades per la injecció de l'aigua, i cap avall per les forces que fan l'empenta del pistó per fixar la proveta i la del propi pes de la proveta. Per lo tant, no hi haurà forces horitzontals:

$$\sum F_X = 0$$

Llavors, les forces verticals que composen el sistema, són les següents:

$$\sum F_Y = F_2 - F_1 - m \cdot g$$

Però, com que el sumatori de les forces s'ha d'anul·lar per obtenir una estructura estable i sense deformacions ni tensions importants, doncs llavors les forces s'igualen a zero per així poder determinar una resultant que deixi el sistema en equilibri:

$$\sum F_Y = 0$$

$$\underbrace{\sum F_Y = 0 \Rightarrow F_2 - F_1 - m \cdot g = 0}$$

$$\Downarrow$$

$$F_2 = F_1 + m \cdot g$$

Seguidament, i aplicant la igualtat a on la força equival a la pressió per la superfície en el punt d'aplicació d'aquesta,

$$F = P \cdot S$$

doncs s'obté la relació d'equivalències següents:

$$F_2 = F_1 + m \cdot g$$

$$\underbrace{F_2 = P_2 \cdot S_2 \Leftrightarrow F_1 = P_1 \cdot S_1}_{\Downarrow}$$

$$P_2 \cdot S_2 = P_1 \cdot S_1 + m \cdot g$$

Llavors, continuant amb la relació de forces de la igualtat per obtenir el valor de la P_1, i així poder saber la pressió que exerceix el pistó en la superfície de la proveta:

$$P_2 \cdot S_2 = P_1 \cdot S_1 + m \cdot g$$

$$\underbrace{P_1 \cdot S_1 = P_2 \cdot S_2 - m \cdot g}_{\Downarrow}$$

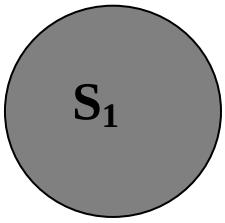
$$P_1 = \frac{P_2 \cdot S_2 - m \cdot g}{S_1}$$

Un cop s'ha arribat a aquest punt, ja es poden transformar els valors de cada element i resoldre l'equació, però abans cal donar els paràmetres que pertoquen a cada element:

2.3.2.2 Superfícies de contacte

Com que la superfície de contacte de la proveta amb el plat (el qual està acoblat al pistó) és la cara superior d'aquesta, doncs serà l'àrea total d'una cara de la proveta:

2.3.2.2.1 Cara superior

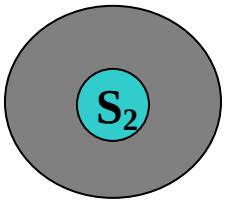


- Àrea contacte (S_1) = ($\pi \cdot D^2$)/4 = 17.671,46 mm^2 =→ = **0,017671 m^2**

En canvi, com que la superfície de contacte de la proveta amb l'aigua d'injecció (en direcció al formigonat) és la cara inferior d'aquesta i correspon a la meitat del diàmetre de la superfície total, doncs serà l'àrea expressada a continuació.

D'altra banda, la pressió d'injecció d'aigua (P_2) , la massa de la proveta (m) i la constant de l'acceleració de la gravetat (g), són dades conegudes per l'assaig i per les lleis de la Física.

2.3.2.2.2 Cara inferior



- Àrea injecció (S_2)=($\pi \cdot (D/4)^2$)/4 = 4.417,86 mm^2 =→ = **0,004418 m^2**
- Pressió injecció (P_2) = 5 bar ≈ **$5 \cdot 10^5$ Pa**
- Acceleració de la gravetat (g) = **9,81 m/s^2**

2.3.2.3 Força mínima de fixació

Llavors, es continua amb la operació per determinar la pressió P_1 per poder seleccionar amb posterioritat el pistó més adient pel disseny:

$$P_2 \cdot S_2 = P_1 \cdot S_1 + m \cdot g$$

$$\underbrace{P_1 \cdot S_1 = P_2 \cdot S_2 - m \cdot g}$$

$$\Downarrow$$

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot S_2 - m \cdot g}{S_1}$$

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot S_2 - m \cdot g}{S_1} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 0{,}004418 \ - 13 \cdot 9{,}81}{0{,}017671} = \Rightarrow$$

$$\Rightarrow = \frac{2.081{,}40}{0{,}017671} = 117.783{,}28 Pa \approx 1{,}18 bar \approx 1{,}2 bar$$

D'aquesta manera, si la pressió que exerceix el plat del pistó a la superfície de la proveta fos de 1,2 bar, s'igualarien les equacions i la proveta estaria fixada amb una força igual que la que fa l'aigua d'injecció per sota de la proveta.

Però, la força cap a baix que exerceix el pistó sobre la proveta ha de ser una mica superior a la que fa l'aigua d'injecció a la proveta cap a dalt, ja que així s'assegurarà la total estanquitat i s'evitarà una possible fuita d'aigua. Per lo tant;

$$\underbrace{P_2 = 5 \cdot 10^5 Pa \Leftrightarrow S_2 = 0.004418 m^2}$$
$$\Downarrow$$
$$F_2 = P_2 \cdot S_2 = 2.208{,}93 N$$

La F_2 és la força que exerceix l'aigua d'injecció sobre la base de la proveta. I com que la força de fixació cap a baix F_1 ha de ser superior a F_2, llavors això implica que la pressió P_1 mínima serà de 1,2 bar.

$$\underbrace{F_1 > F_2}$$
$$\Downarrow$$
$$F_1 > 2.208{,}93 N$$
$$P_1 > 1{,}2 bar$$

Però, tenint en compte la possibilitat de que es puguin assajar provetes segons la norma antiga (UNE 83309:1990 EX), la qual té una pressió de treball màxima de 7 bar, doncs es dissenyarà la màquina tenint en compte aquesta pressió.

A més, també hi ha la possibilitat d'assajar provetes de formigons més densos (de fins a uns 2.800 Kg/m^3), per lo tant agafem una nova massa estàndard, la qual serà de 15Kg.

D'aquesta manera, es sobredimensiona la màquina per tal d'assegurar la seva estabilitat i resistència en les condicions més extremes i desfavorables de treball i també per obtenir un disseny molt més versàtil i funcional.

Finalment, la força i pressió final a tenir en compte per elegir els pistons adequats són les següents:

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot S_2 - m \cdot g}{S_1} = \frac{7 \cdot 10^5 \cdot 0{,}004418 \ - 15 \cdot 9{,}81}{0{,}017671} = \Rightarrow$$

$$\Rightarrow = \frac{2.945{,}45}{0{,}017671} = 166.682{,}70 Pa \approx 1{,}67 bar \approx 1{,}7 bar$$

$$\underbrace{P_2 = 7 \cdot 10^5 Pa \Leftrightarrow S_2 = 0.004418 m^2}$$

$$\Downarrow$$

$$F_2 = P_2 \cdot S_2 = 3.092{,}60 N$$

$$\underbrace{F_1 > F_2}$$

$$\Downarrow$$

$$F_1 > 3.092{,}60 N$$

$$P_1 > 1{,}7 bar$$

Per acabar, s'aplicarà una força de 3.500 N ja que és l'interval de treball estàndard amb el qual treballen els pistons a una pressió d'aire de 6 bar, i així s'obtindrà un major coeficient de seguretat.

2.4 PROCÉS DE DISSENY

Aquest projecte ha consistit en el modelatge, simulació i càlcul de la bancada per a l'estructura de la màquina. A partir de la geometria i propietats de les diferents peces de les quals consta, es procedeix al modelatge i mallat.

Amb la descripció de les càrregues i condicions de contorn, s'efectua la solució dels diferents models considerats mitjançant el mètode d'elements finits, els resultats del qual són les deformacions i tensions que apareixen en la bancada.

I finalment, es porta a terme la comparació dels resultats obtinguts amb els criteris de fallida per a materials dúctils imposats en el disseny, per a avaluar la possibilitat de fallida mecànica per trencament enfront de càrregues estàtiques a partir del càlcul del coeficient de seguretat.

2.5 DEFORMACIONS I TENSIONS

S'han considerat com a condicions de l'anàlisi aquelles en les quals la bancada estigui sotmesa a les majors sol·licitacions possibles, és a dir, a les màximes càrregues sobre la bancada durant un assaig: pesos màxims de les peces, provetes, pistons, compressor i bomba i les màximes càrregues admissibles abans, durant i després de la injecció.

Sota aquestes sol·licitacions s'han considerat diferents models dels quals s'han simulat el seu comportament davant aquestes càrregues, i mitjançant l'ús del mètode dels elements finits s'han calculat les tensions i deformacions, per a poder portar a terme la anàlisi estàtica en cadascun dels models.

Finalment, s'han avaluat i s'han analitzat els resultats obtinguts, per a comprovar si les tensions i deformacions obtingudes són admissibles per a assegurar el bon funcionament de la bancada en les condicions de treball.

Partint de les diferents teories de fallida existents per a materials dúctils (tensió normal màxima, deformació normal màxima, tensió a tallant màxima i teoria de Von Mises), s'ha avaluat la possibilitat de fallida mecànica per trencament enfront de càrregues estàtiques a partir del càlcul del coeficient de seguretat:

2.5.1 TENSIÓ AXIAL

La expressió que s'utilitza per a calcular la tensió axial en cada punt és la següent:

$$\sigma_X = \frac{N}{A} + \frac{1}{D} \cdot \left(My\left(-z \cdot Iz + y \cdot Iyz\right) - Mz \cdot \left(y \cdot Iy - z \cdot Iyz\right)\right) + \frac{Bt \cdot \omega_n}{I_\omega}$$

Figura.-58 Equació de la tensió axial en cada punt.

(RESISTENCIA DE MATERIALES – Luis Ortiz Berrocal)

En la qual cadascun dels seus termes té el següent significat:

- N: Esforç axial.
- A: Area de la secció.
- D: Constant d'Inèrcia.
- My: Moment flector y.
- z: Coordenada z del punt on es realitza la comprovació.

- Iz: Moment d'inèrcia segons l'eix z.
- y: Coordenada y del punt.
- Iyz: Producte d'inèrcia.
- Mz: Moment flector z.
- Iy: Moment d'inèrcia segons l'eix y.
- Bt: Bimoment.
- ω_n: Coordenada sectorial normalitzada.
- I_ω:Mòdul de "alabeo".

2.5.2 TENSIÓ A TALLANT

L'expressió que s'utilitza per a calcular la tensió a tallant en cada punt és la següent:

$$\tau = \frac{1}{D \cdot t} \cdot \left(Qy \cdot \left(-Sy \cdot Iyz + Sz \cdot Iy \right) - Qz \cdot \left(Sz \cdot Iyz - Sy \cdot Iz \right) \right) + \frac{M_x \cdot W_t}{I_x}$$

Figura.-59 Equació de la tensió a tallant en cada punt.

(RESISTENCIA DE MATERIALES – Luis Ortiz Berrocal)

En la qual cadascun dels termes té el següent significat:

- D: Constant d'inèrcia.
- t: Espessor de la secció en cada punt.
- Qy: Esforç tallant y.
- Sy: Moment estàtic segons l'eix y.
- Iyz: Producte d'inèrcia.
- Sz: Moment estàtic segons l'eix z.
- Iy: Moment d'inèrcia segons l'eix y.
- Qz: Esforç tallant z.
- Iz: Moment d'inèrcia segons l'eix z.
- Mx: Moment torsor.
- Wt: Mòdul torsor en el punt.
- Ix: Inèrcia segons l'eix x.

2.5.3 TENSIÓ DE VON MISES

La teoria de Von Mises expressa que l'estat límit en un punt d'un cos en el qual existeix un estat tensional qualsevol comença quan l'energia de distorsió per unitat de volum en un entorn d'aquest punt és igual a la energia de distorsió absorbida per unitat de volum quan el material arriba a la tensió límit en l'assaig a tracció.

Per a obtenir la tensió de Von Mises l'expressió utilitzada és:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_X^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Figura.-60 Equació de la tensió de Von Mises.

(ELASTICIDAD – Luis Ortiz Berrocal)

- σ_X : Tensió axial màxima.
- τ : Tensió a tallant màxima.

Interessa la tensió màxima en cada barra, assenyalant, que el punt de la secció amb màxima tensió axial per exemple, no té per que coincidir amb el punt on la tensió de Von Mises és major. Per tant, el programa calcula les tensions màximes independentment i posteriorment s'obtenen amb elles la tensió màxima de Von Mises.

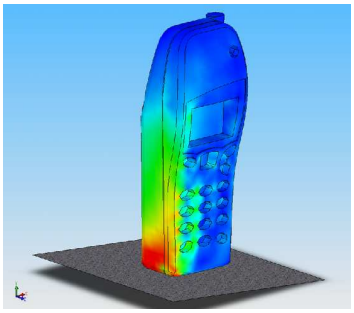


Figura.-61 Distribució de les tensiones de Von Mises
en un telèfon quan xoca amb el terra rigid (formigó).
(http://www.iberisa.com)

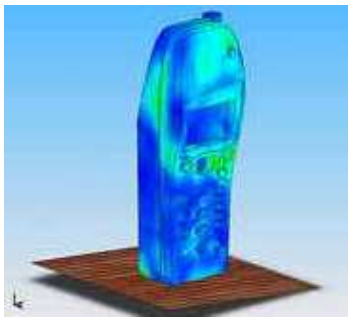


Figura.-62 Distribució de les tensiones de Von Mises
en un telèfon quan xoca amb el terra flexible (fusta).
(http://www.iberisa.com)

I d'aquesta manera, aplicant el criteri de Von Mises es determinen les tensions principals màximes i posteriorment la tensió de Von Mises, i finalment es compara aquesta tensió equivalent resultant amb la tensió estàndard del material, per tal d'obtenir el coeficient de seguretat aplicat:

$$\sigma_{eqv.} \leq \frac{\sigma_{estd.}}{n}$$

Figura.-63 Equació de la relació de tensions i el coeficient de seguretat.
(ELASTICIDAD – Luis Ortiz Berrocal)

2.6 MODELITZACIÓ DE L'ESTRUCTURA

El material triat per al modelatge de la bancada i la seva posterior construcció és l'acer ASTM A36, per les seves bones propietats mecàniques. És un acer al carboni soldable molt comú en aplicacions estructurals, el qual es considera com a material dúctil.

Un primer pas en l'anàlisi d'una peça és realitzar el modelatge geomètric. Gairebé totes aquestes peces s'han generat per extrusió a partir d'una superfície plana. Una vegada dibuixades totes mitjançant l'aplicació de disseny del programa SolidWORKS, es procedirà a la unió de les mateixes per a obtenir el model final.

Després del modelatge de la bancada, s'efectua l'anàlisi de tensions sobre la bancada. Per a això és necessari realitzar el mallat de la bancada, procés de discretització o generació de la malla, que consisteix a descompondre el sistema en elements.

Una vegada mallada tota la peça i amb les particions apropiades per a l'aplicació de les càrregues, s'apliquen les sol·licitacions a les quals serà sotmesa. I seguidament i aplicades les condicions de contorn, es resol el model per a obtenir així les tensions i deformacions que apareixen en la bancada. Els resultats es representen en mapes de colors, on s'aprecien les zones on es produeixen els màxims valors. A partir de les tensions obtingudes i dels diferents criteris de fallada per a materials dúctils s'obtenen els factors de seguretat.

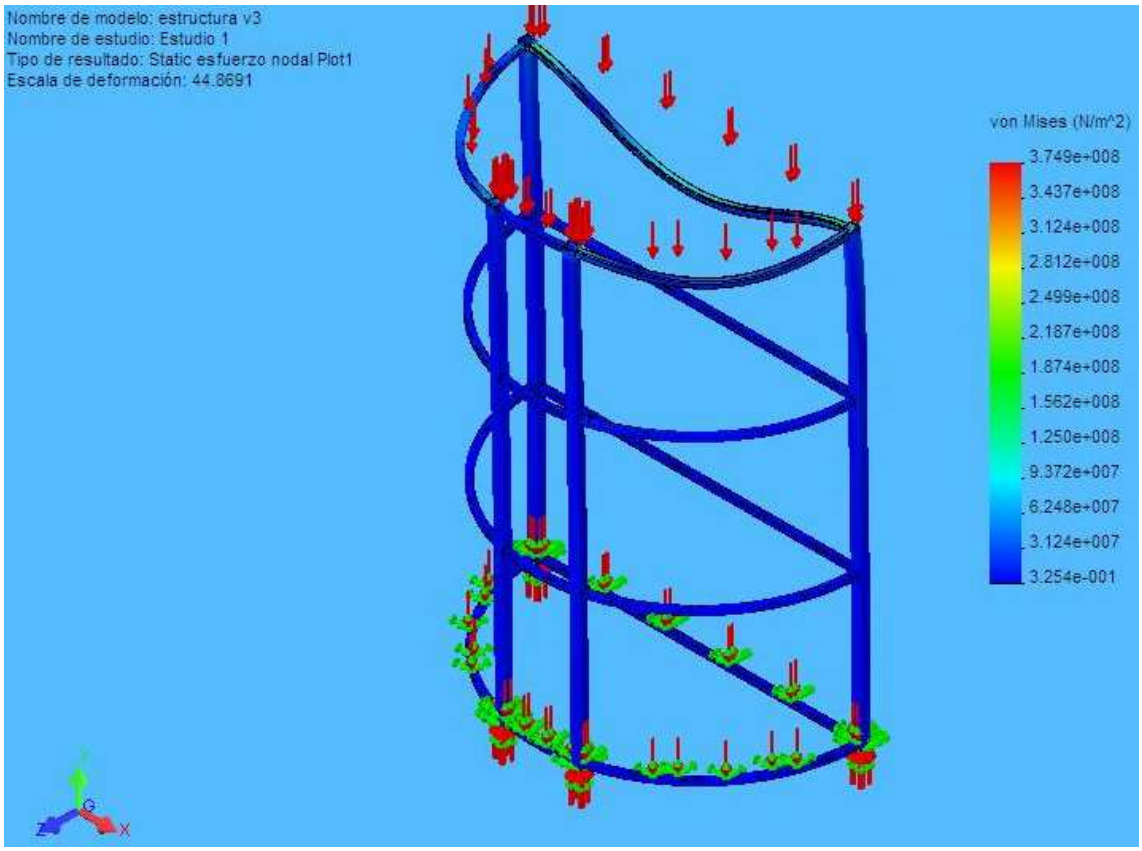


Figura.-64 Esforç nodal estàtic.

(Software SolidWorks 2006)

En aquest primer dibuix només de pilars, disseny de la Figura.- 64, es poden apreciar a on van aplicades les forces sobre els nodes de l'estructura de pilars de tub estructural de la màquina. En la part superior, es produeix una repartició inicial d'esforços cap avall, ja que són els provocats per comprobar el comportament dels punts d'unió de soldadura, a on s'uneixen els pilars i els perfils d'unió de les planxes que es col·locaran posteriorment. En la part de sota, també es pot apreciar una distribució de forces cap avall, en aquets cas degudes al propi pes de la màquina i els seus components.

L'escala de de la distribució de tensions de Von Mises ens indica en Pa, segons una coloració, quins són els punts més afectats per l'aplicació de les càrregues, a on en aquest cas l'estructura gairebé no pateix, amb una escala de deformació de 44,8691.

Hi ha zones mallades de forma automàtica i altres semiautomàtica, prèviament delimitades. A més, també cal delimitar les regions que, encara duent un mallat automàtic, es mallen amb grandàries d'elements distints. Per a dividir les peces en regions amb mallats diferents es realitzen el que es denomina particions. Aquestes particions també pot ser necessari realitzar-les per a delimitar les superfícies sobre les quals s'apliquen les càrregues.

Havent efectuat les particions, es procedeix a mallar el model. El mallat de forma semiautomàtica ha estat el d'aquelles zones de perfils que no es creuen amb altre perfil perpendicular a ells. Aquests mallats s'han generat per extrusió a partir de mallats superficials. Després de la extrusió es formen prismes rectes o triangulars a partir dels quadrats o triangles del mallat superficial. Després de la generació de tota la malla de la bancada s'obté el mallat final.

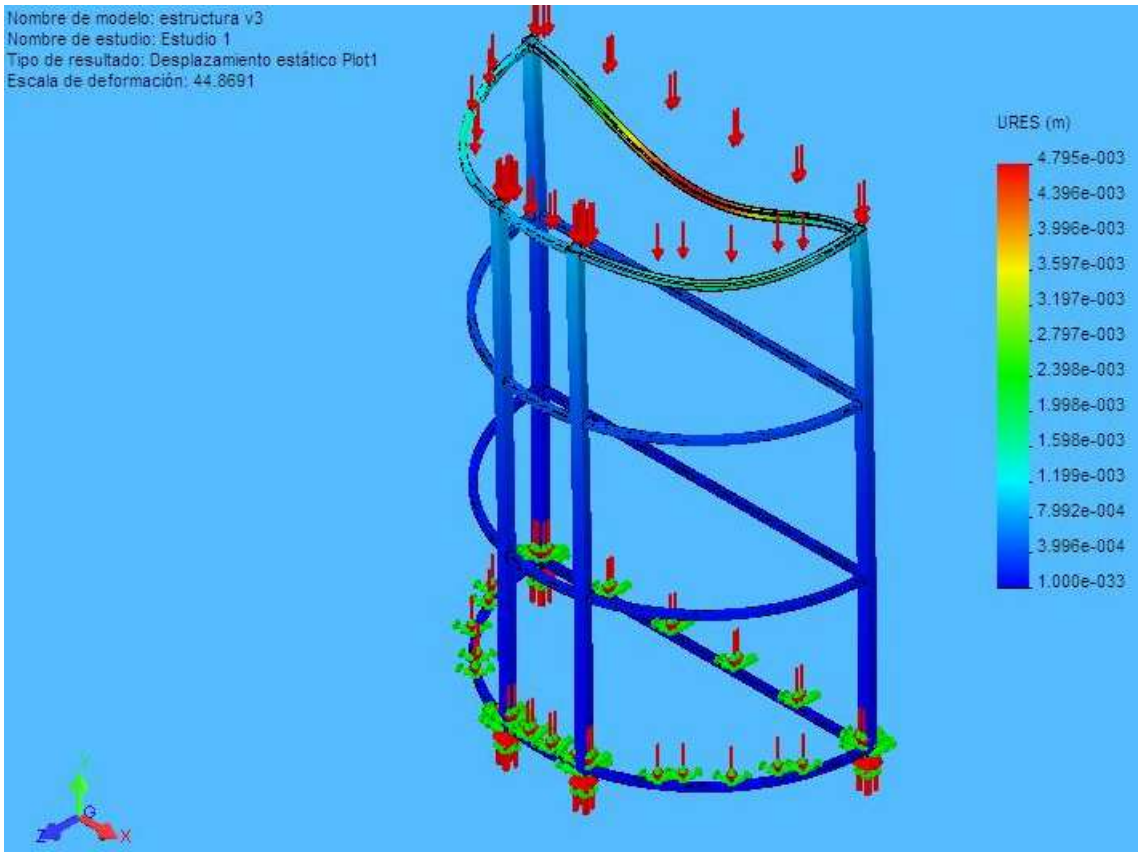


Figura.-65 Desplaçament estàtic.

(Software SolidWorks 2006)

Igualment que en l'anterior dibuix(Figura.- 64), aquest s'ha dissenyat amb la mateixa escala de deformacions, essent de 44,8691. Però en aquest cas (Figura.- 65) l'estudi no ha sigut de la distribució de les tensions de Von Mises, sino del desplaçament estàtic provocat en l'estructura de pilars en m. Tot i que segons el dibuix, sembla que la part superior es doblega molt, cal tenir en compte que l'escala és molt gran per tal de que es pugui apreciar molt millor l'efecte produït, però que en realitat la part més desfavorable només es deforma uns $4{,}8 \cdot 10^{-3}$ m (aproximadament uns 5 mm).

Existeix un segon grup de càrregues que fan referència a les màximes càrregues admissibles en les planxes de suport dels pistons i de les provetes a assajar. Aquestes càrregues, forces i moments, es van a transmetre a la bancada a través dels pilars i els passamans de reforç de les xapes, de manera que aquestes càrregues actuen en les plaques de suport de les provetes.

Ara, en la Figura.- 66 es segueix amb l'estudi de l'estructura (amb una escala de deformació de 220,434), però afegint la planxa superior. Llavors, es fa la distribució de tensions de Von Mises, però ara tenint en compte les forces aplicades en els els punts a on aniran fixats els pistons a sobre de la planxa de xapa.

Ara s'ha afegit al disseny, a sobre de la planxa (ja que és la part de l'estructura que més es deformarà), uns reforços de perfil de pletina calibrada, els quals aniran cargolats a la xapa i tindran una unió concèntrica. I millorant el disseny anterior, també s'afegeix un pilar de tub estructural, que anirà per la part de darrere transmetent les càrregues des del punt d'unió de les pletines de reforç fins a la base de la màquina i, d'aquesta manera també millorem la resistència de la part posterior de la màquina.

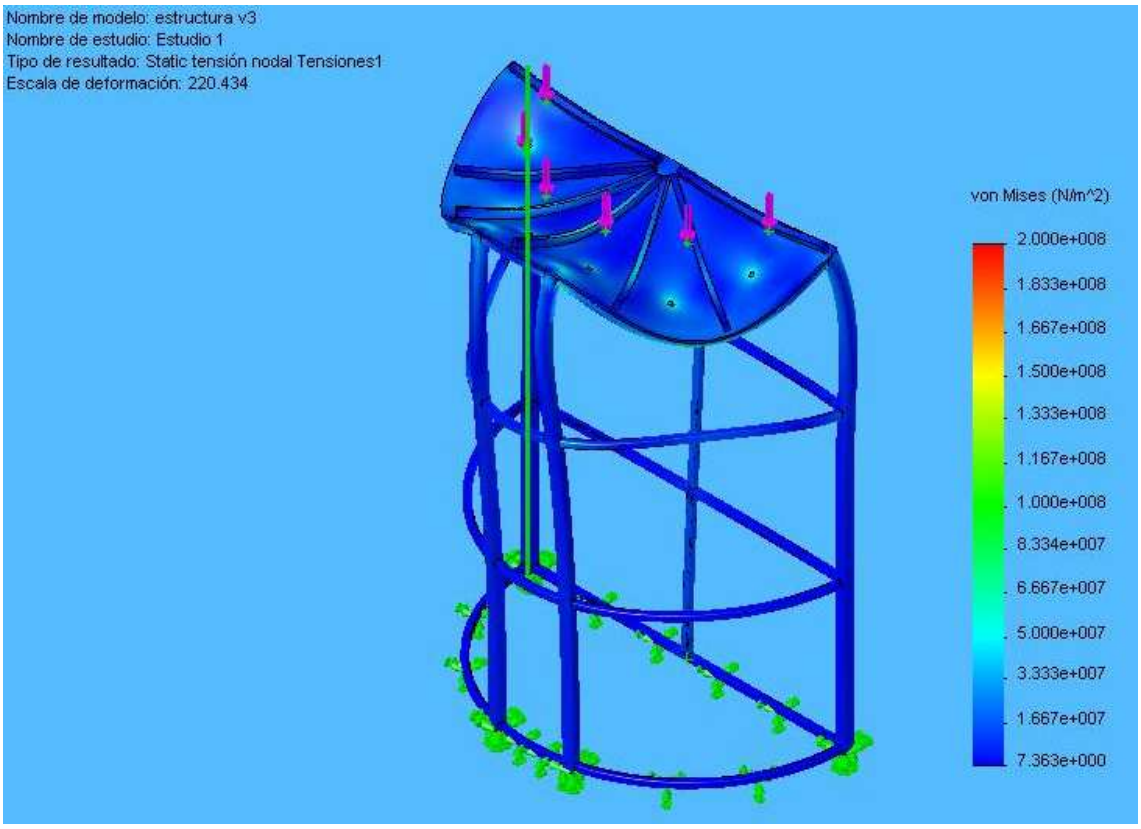


Figura.-66 Tensió nodal estàtica.

(Software SolidWorks 2006)

Posteriorment (Figura.- 67), i com en els dos primers casos, ara es fa la comprobació del darrer dibuix amb la mateixa escala de deformació, però aplicant el desplaçament estàtic. I, un cop reforçada l'estructura, ara obtenim una deformació inferior a l'anterior disseny. La qual es pot apreciar perfectament i d'una manera molt evident en la distribució de colors en l'estructura, a on la part més desfavorable (color vermell) ara té una deformació màxima d'uns $1 \cdot 10^{-3}$ m (al voltant de 1 mm).

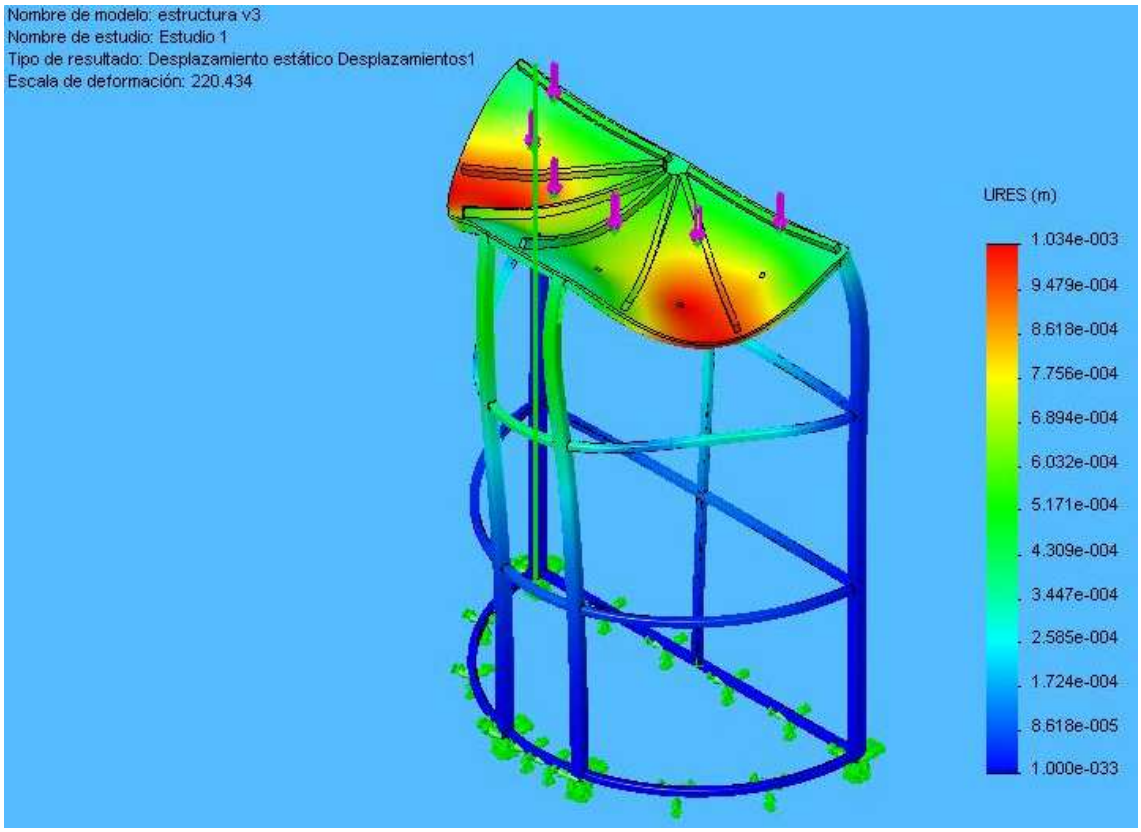
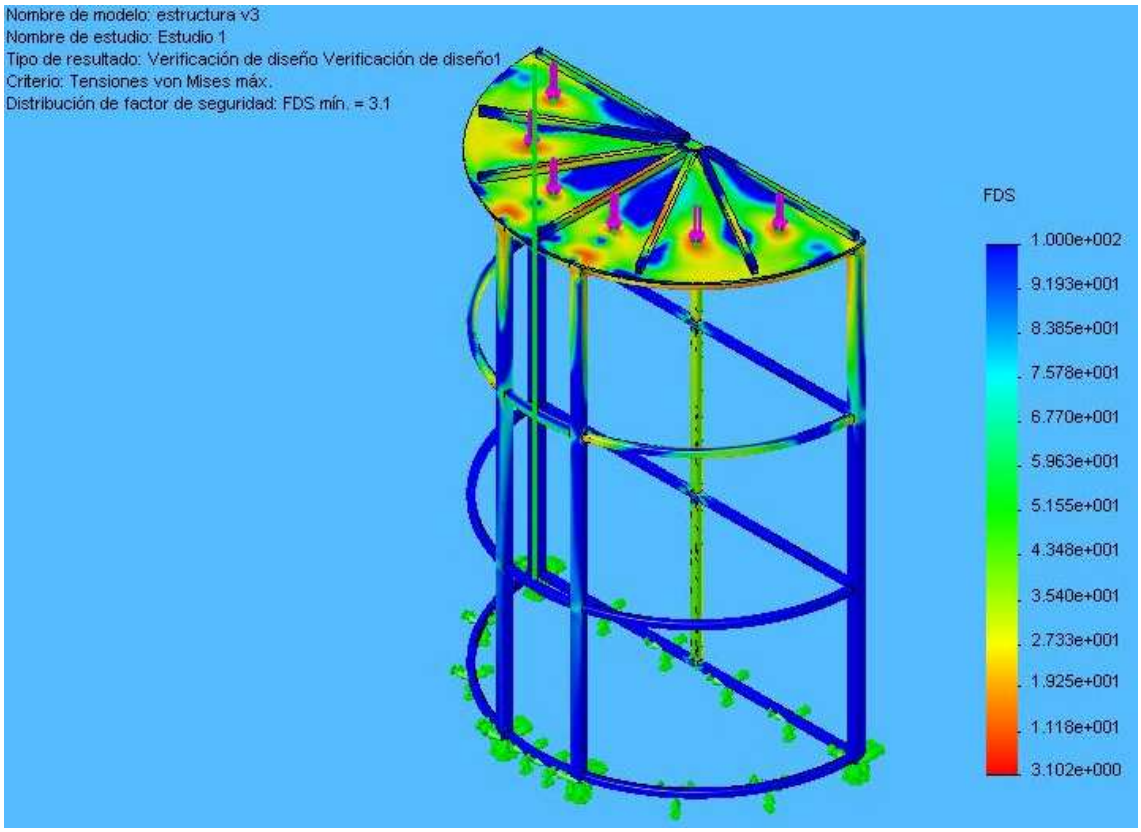


Figura.-67 Desplaçament estàtic.

(Software SolidWorks 2006)

Finalment, es fa la verificació del disseny amb l'aplicació de les tensions de Von Mises (Figura.- 68), i es determina la distribució del factor de seguretat que, en aquest cas, ha donat un valor mínim de 3,1. Amb al qual cosa podem afirmar clarament que l'estructura està ben dissenyada segons els paràmetres establerts, ja que tot i fer-la sobredimensionada i en els casos d'esforços màxims i de deformacions lo més desfavorables possibles, s'obté un estructura estable front el trencament i amb deformacions molt petites que no afectaran la seva estabilitat i resistència.



Fifura.-68 Verificació del disseny amb les tensions de Von Mises (FDSmin.=3,1).

(Software SolidWorks 2006)

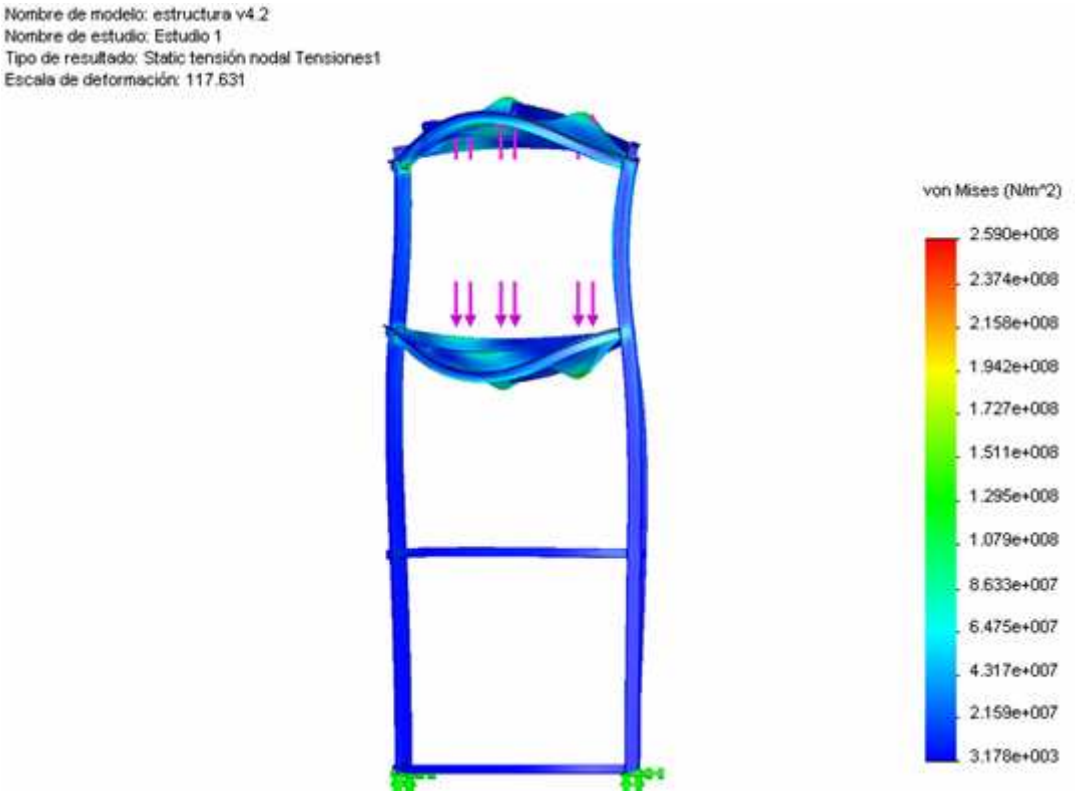
2.7 SIMULACIÓ DEL DISSENY DEFINITIU

Continuant amb el darrer dibuix (Figura.- 68), es procedeix a fer les pertinents millores, tant des del punt de vista d'ampliacions en el disseny de l'estructura per tal de poder acabar-la afegint les peces que falten, com des del punt de vista de redimensionar les peces de l'estructura. Ja que tot i haver donat 3,1 com a factor de seguretat, s'ha realitzat amb un gruix de xapa de 10 mm i s'ha de tornar a recalcular per tal de que la xapa de suport doni un gruix de 5 mm, i no encareixi tant el producte i sigui una estructura més lleugera.

El pas següent és l'aplicació sobre el model de les càrregues i restriccions que actuen sobre la bancada. Les condicions de contorn fan referència a la restricció de la base de la bancada i a les diverses càrregues aplicades. Un primer grup de càrregues aplicades sobre la bancada seran aquelles degudes al pes de cada component col·locat sobre la mateixa (bomba, motor, compressor i calderí).

Encara l'estructura s'ha d'acabar, ja que falten afegir la xapa de suport de les provetes i els nervis de reforç corresponents (passamanas calibrats), que en aquest cas aniran aplicades per sota, ja que és cap a on tendirà a deformar-se la planxa metàl·lica.

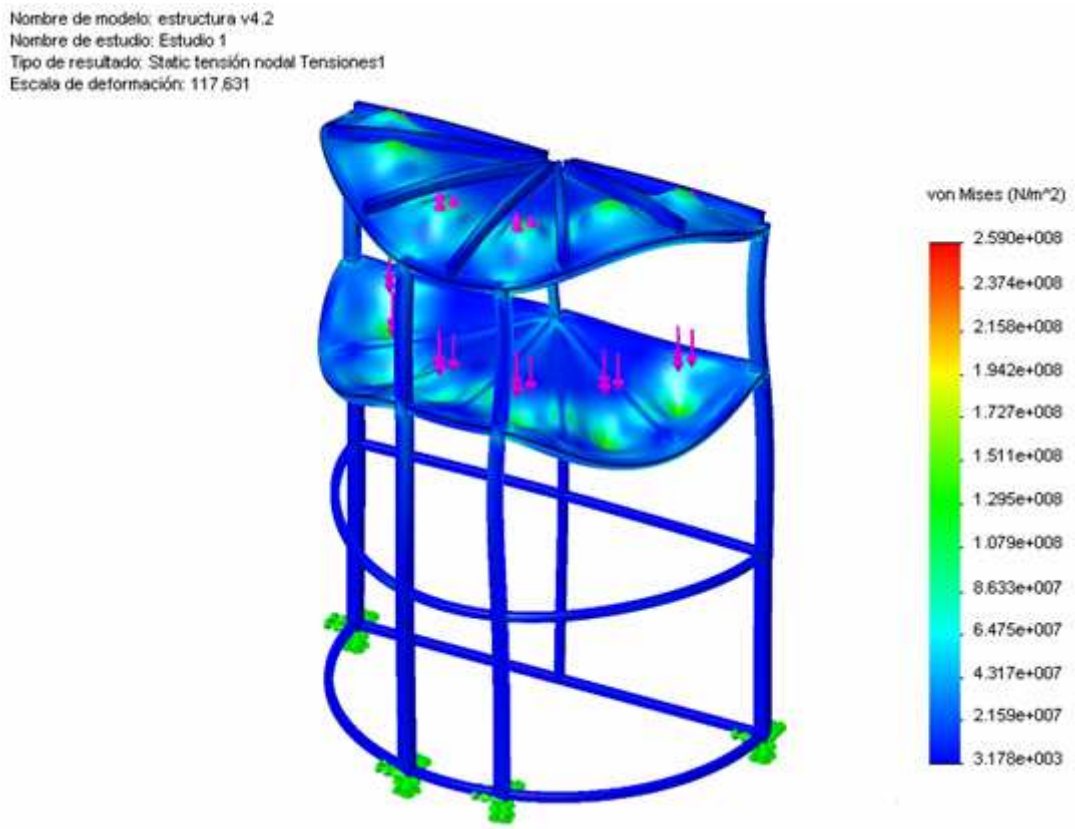
Llavors ara, i afegint la planxa de sota, es fa l'estudi de la distribució de tensions de Von Mises (en aquest darrer cas amb l'escala de deformació de 117,631). En la Figura.- 69 podem observar la relació de forces definitiva que es realitzaran en les xapes un cop la màquina treballi en ple rendiment i amb el cas més extrem i desfavorable. (la Figura.- 70 és el mateix disseny però des d'un altre angle)



Fifura.-69 Tensió nodal estàtica, vista de perfil.

(Software SolidWorks 2006)

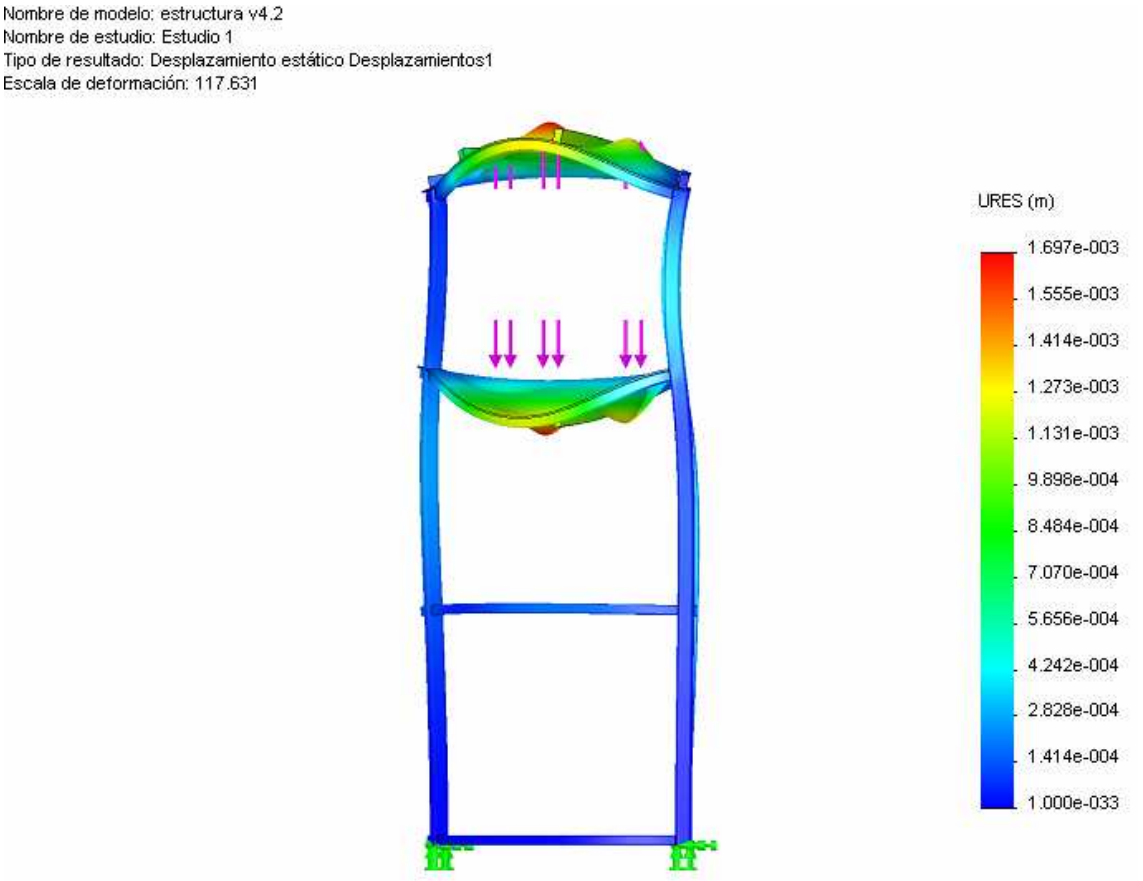
Però, com ja s'ha dit abans, el dibuix està fet de tal manera que es pugui apreciar d'una manera molt clara quina seria la possible deformació que sofriria. Tot i així, en aquest cas les tensions que pateix la màquina estan en l'escala de tonalitats blaves, i en els punts més desfavorables (on es fixen els pistons) hi ha una tonalitat turquesa tirant cap a verdós.



Fifura.-70 Tensió nodal estàtica, vista de front.

(Software SolidWorks 2006)

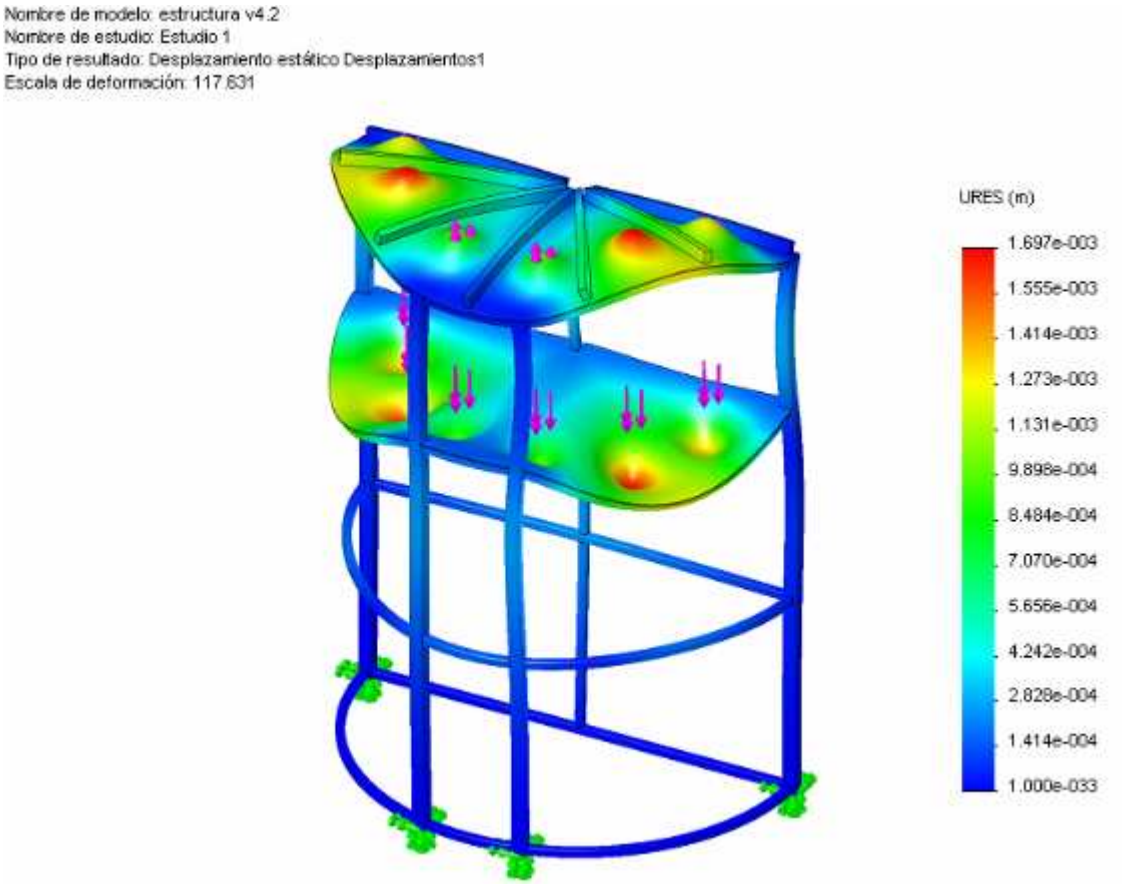
Amb la qual cosa, com que les tensions de Von Mises màximes aproximadament estan al voltant de 125 MPa (entre 90MPa i 160MPa, segons la columna de colors de la Figura.- 70), i tenint en compte que el límit elàstic aparent de l'acer ASTM A36 és com a mínim de 250 MPa, doncs es pot deduir anticipadament que l'estructura està sobredimensionada amb un factor de seguretat aproximat de 2.



Fifura.-71 Desplaçament estàtic, vista de perfil.

(Software SolidWorks 2006)

El següent dibuix del disseny de la Figura.- 71 és el mateix que l'anterior, però ara determinant el desplaçament estàtic provocat en aquesta estructura . D'aquesta manera i observant l'escala de deformacions, s'observa que la deformació màxima en el punt més defavorable (el lloc de fixació dels pistons, que és el mateix que abans), és d'uns 0,0017 m (gairebé 2 mm). (la Figura.- 72 és el mateix disseny però des d'un altre angle)



Fifura.-72 Desplaçament estàtic, vista de front.

(Software SolidWorks 2006)

S'han considerat els casos extrems en que les forces i moments en la fixació de les provetes són màxims, en els quals es produeixen les tensions més elevades. Amb això s'assegurarà que en el cas real en que les càrregues en la fixació siguin inferiors a les màximes admissibles, llavors la bancada mai estará sotmesa a unes sol·licitacions tan elevades com en els casos assajats.

Finalment, es fa la verificació del disseny final amb l'aplicació de les tensions de Von Mises (Figura.- 73). La distribució del factor de seguretat final és d'un mínim de 2,3 i amb al qual cosa podem afirmar definitivament que l'estructura està ben dissenyada, ja que igualment que el disseny anterior, està sobredimensionada i estudiada en els casos més desfavorables. Tant des del punt de vista d'esforços i deformacions màximes i en els casos més desfavorables, s'ha obtingut una estructura estable front el trencament i amb deformacions molt petites que no afectaran la seva estabilitat i resistència, i amb unes dimensions dels materials que la composen més petites que el disseny inical.

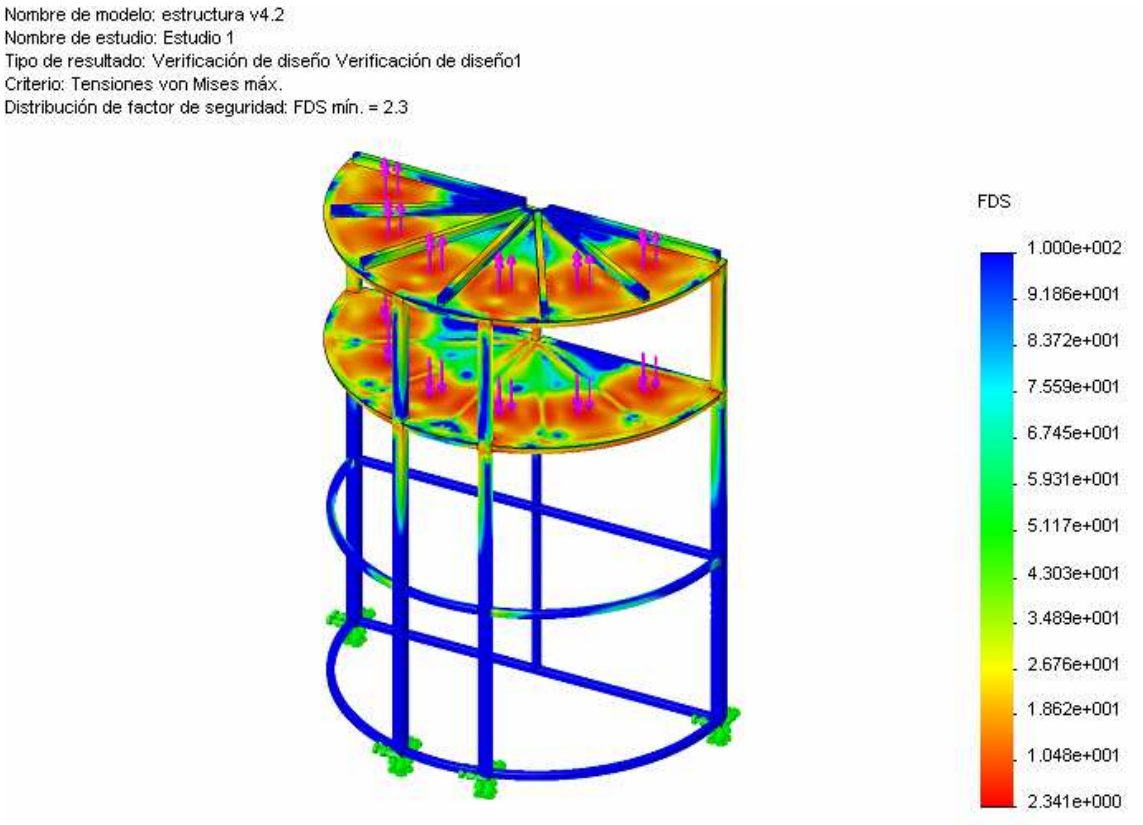


Figura.-73 Verificació del disseny amb les tensions de Von Mises (FDSmin.=2,3).

(Software SolidWorks 2006)

La xapa de suport de sota de les provetes (a on anirà el material electrònic) i la xapa de la base de la màquina (la del material pneumàtic i hidràulic) i conjuntament amb les potes de la màquina, no s'han inclòs en l'estudi de l'estructura ja que la seva funció és merament de suport.

I també, perquè es considera que el pes que exerceix el material col·locat és suficientment petit com per a que no afecti al disseny de la màquina, ja que el material estructural és prou resistent com per a aguantar el pes d'aquests components.

2.8 ALTERNATIVA

En un primer disseny, es va pensar la possibilitat de fer l'estructura amb els passamans de reforç (que s'apliquen a la planxa de dalt amb els pistons i a la de sota amb les provetes), però sense que tinguessin un punt d'unió comú (Figura.- 74).

Llavors, amb la mateixa escala de deformació i les mateixes condicions de contorn que el disseny definitiu (Figura.- 73), es pot observar que segons la distribució de tesnsions de Von Mises i fent la verificació final del disseny, s'obté una distribució del factor de seguretat de 1,9.

En definitiva, el fet de que el factor de seguretat sigui inferior vol dir que la màquina, tot i que pugui tenir una estabilitat al trencament i a les deformacions acceptable per la funció que realitzarà, doncs té unes prestacions menors que el disseny definitiu.

I, això vol dir, que en un moment donat de màxima sol·licitació d'esforç o amb el temps a causa de la fatiga, doncs podria trencar-se o ser inestable o deformable amb valors que podrien ficar en perill la màquina i el procés.

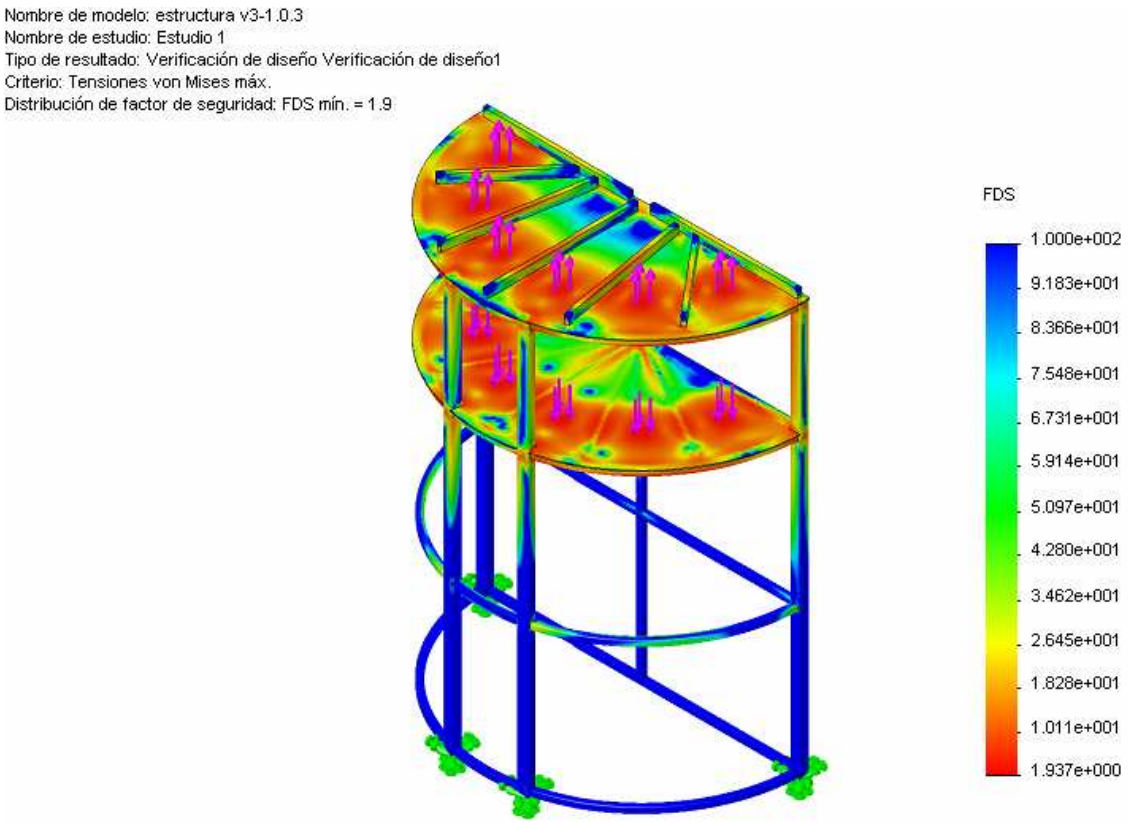


Figura.-74 Dissenys del primer model.

(Software SolidWorks 2006)

2.9 CONCLUSIONS DEL DISSENY

Les principals conclusions extretes després de l'anàlisi estàtica de la bancada dissenyada són:

- Qualsevol estat de càrregues que aparegui en la mateixa, en condicions normals de funcionament de la màquina, produirà tensions inferiors a les obtingudes en la simulació, amb la qual cosa es garanteix la seguretat de la bancada.

- L'anàlisi estàtica revela que la bancada és segura enfront el trencament, obtenint-se a partir de les tensions un coeficient de seguretat mínim superior a 2.

- A causa del bon disseny de la bancada, les deformacions que sofreix són mínimes, per la qual cosa no existirà perill de desalineació entre els pistons i les provetes.

Per tot això, el model de bancada emprat en aquest projecte constitueix una solució satisfactòria i admissible per a la seva implementació en la nova estructura.

3. ANNEX 2

AUTOMATITZACIÓ

ÍNDEX DE L'ANNEX 2

ÍNDEX DE FIGURES DE L'ANNEX 2

3.1 SISTEMA PNEUMÀTIC

3.1.1 CIRCUIT PNEUMÀTIC

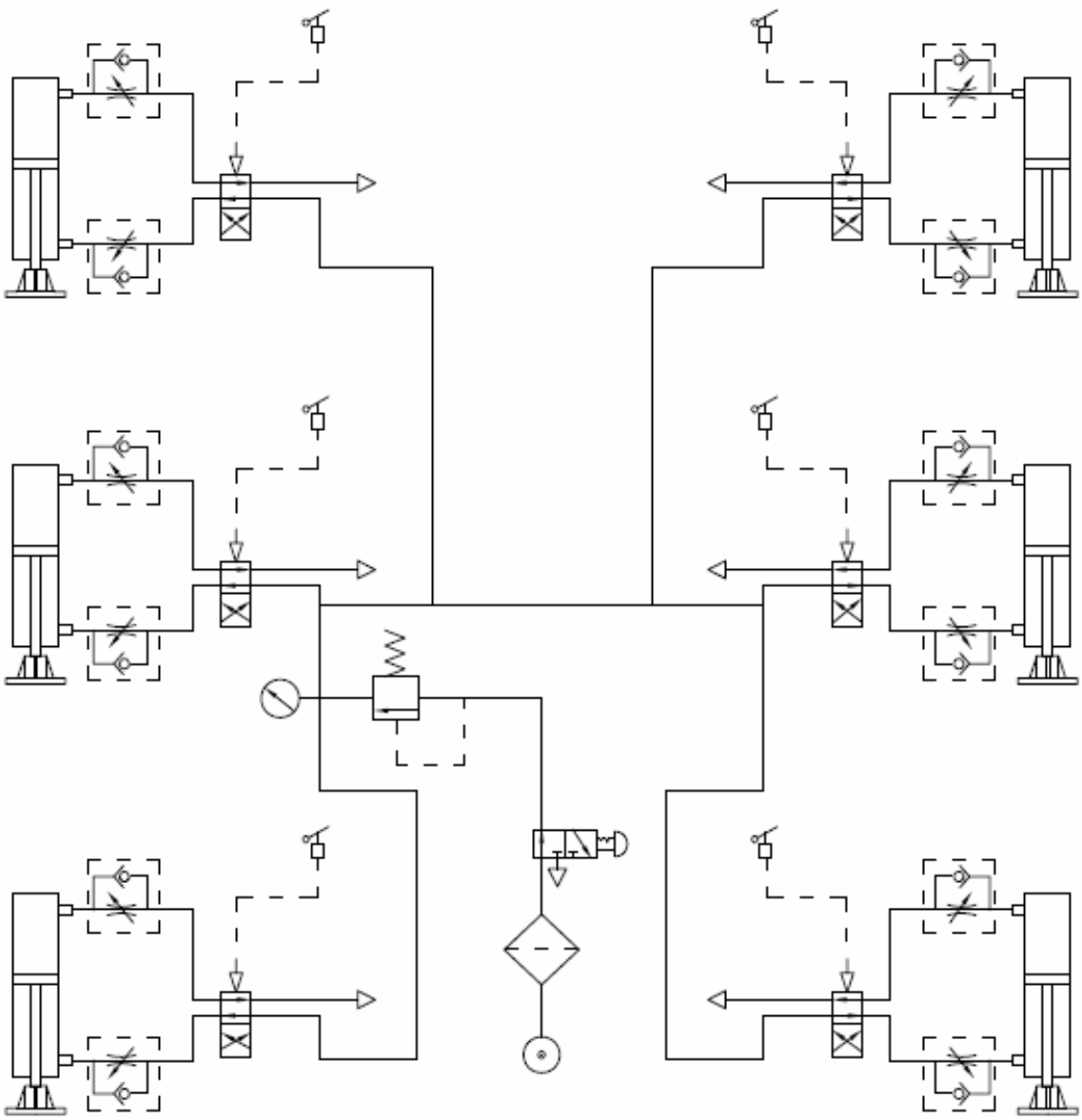


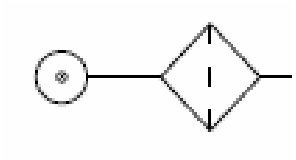
Figura.-75 Esquema del circuit pneumàtic.

(Software AutoCAD 2006)

3.1.1.1 Parts i components del circuit

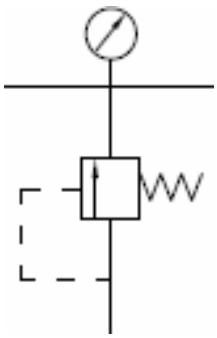
3.1.1.1.1 Compressor

Es pot comprobar la col·locació del compressor en el circuit, el qual tindrà incorporat el filtre pel tractament d'aire. Alimentarà d'aire a tot el circuit pneumàtic, perquè sempre hi hagi la mateixa pressió de treball (6 bar) i d'una manera constant.



3.1.1.1.2 Electrovàlvula

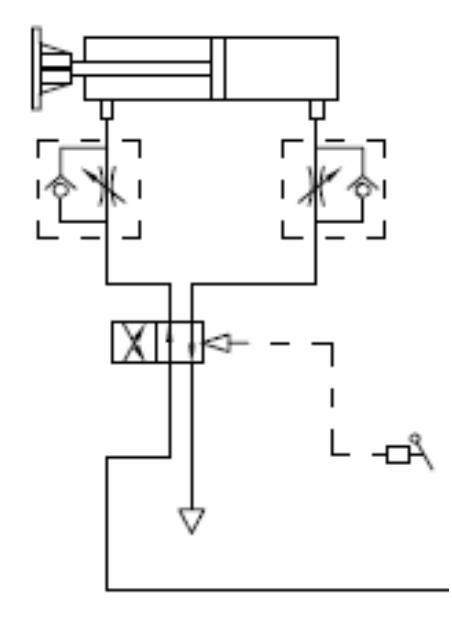
És la vàlvula reguladora de pressió que automàticament mantindrà la pressió de sortida del compressor i la regularà abans de repartir-la, per tal de que l'aire arribi als sis pistons i aquest puguin exercir la força adient. Té incoporat un manòmetre, per tal de controlar i saber amb precisió quina és la pressió de sortida.



3.1.1.1.3 Pistons

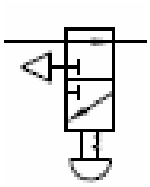
Es pot observar l'esquema del circuit d'un pistó amb les dues connexions obertes, com si estigués en la meitat del procés de treball de tancar-se o d'obrir-se. Com que estaran automatitzats, es mouran un cop se'ls hi doni la ordre pertinent electrònicament (interruptor de permutació de la linia).

Com que és de doble efecte, l'electrovàlvula detectarà la senyal electrònica i l'obrirà automàticament per l'entrada perquè baixi o, en cas contrari en la sortida perquè faci la funció d'aixecar-se. Treballant a una pressió d'uns 6 bar, exerceix una força de baixada d'uns 3000 N i una mica inferior quan retorna de pujada, al voltant de 300 N menys.



3.1.1.1.4 Parada d'emergència

Aquest és el símbol de l'aparell que en cas de perill o emergència, només caldrà accionar-lo per tal de produir una parada automàtica del procés i que el circuit es tanqui totalment. En aquest cas l'aire del procés de fixació de les provetes per part dels pistons no actuaria, i aquests es quedarien baixats en la posició actual del procés.



3.2 SISTEMA HIDRÀULIC

3.2.1 CIRCUIT HIDRÀULIC

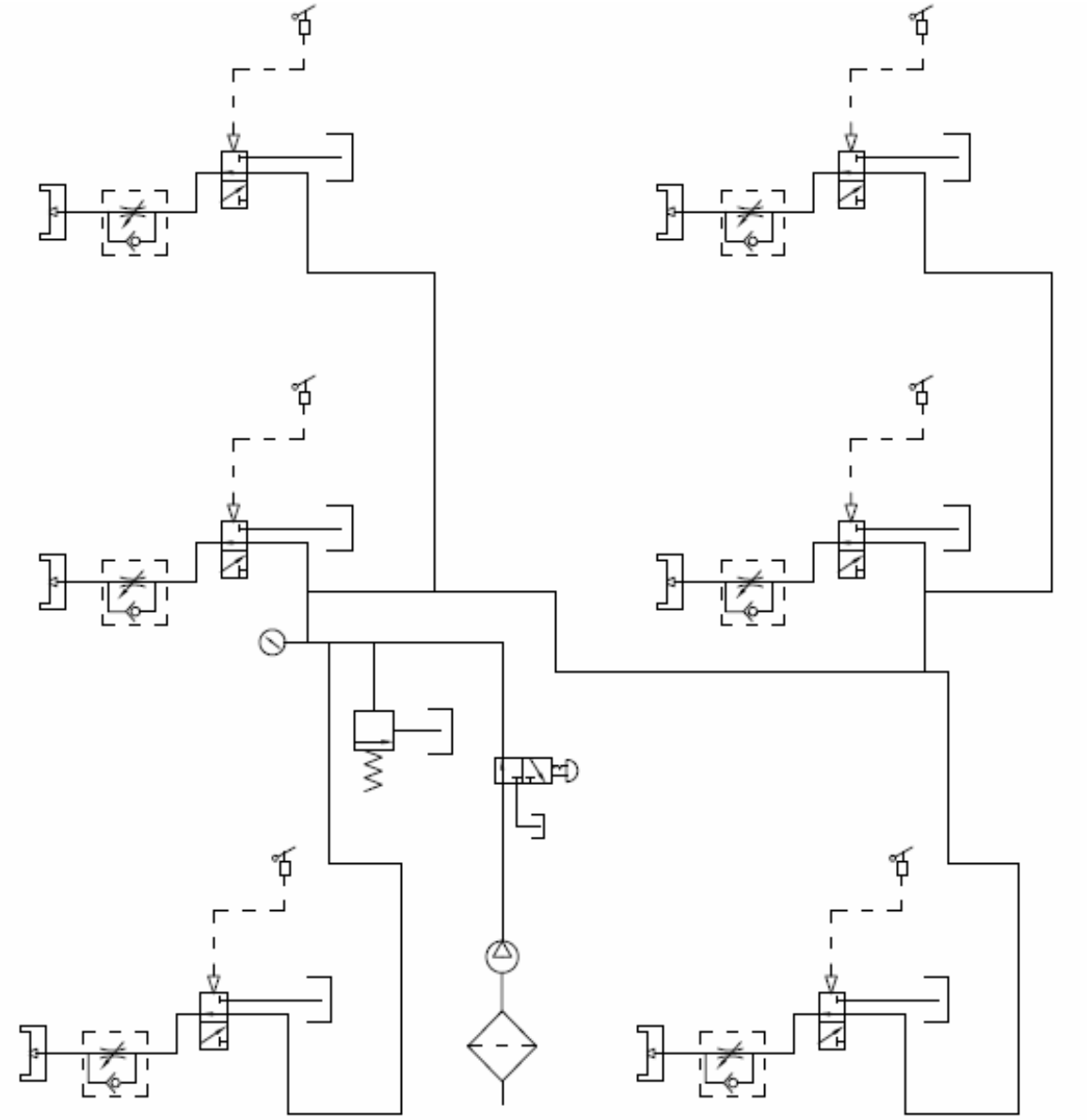


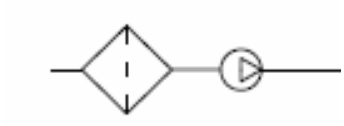
Figura.-76 Esquema del circuit hidràulic.

(Software AutoCAD 2006)

3.2.1.1 Parts i components del circuit

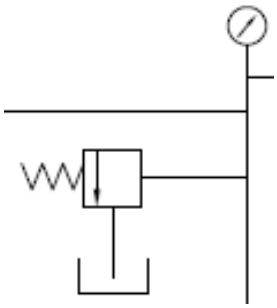
3.2.1.1.1 Electrobomba

L'electrobomba agafarà l'aigua de la xarxa corrent i proporcionarà al circuit la pressió de treball de 5 bar. Disposa d'un pressostat per tal d'accionar la bomba en cas de baixada de pressió i d'un reductor per tal de disminuir la pressió que agafa de la xarxa en cas necessari, per tal d'alimentar en tot moment al circuit d'una manera continua.



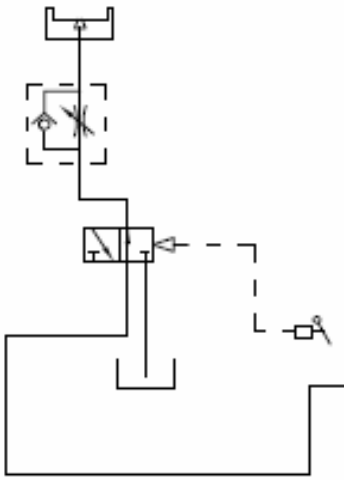
3.2.1.1.2 Electrovàlvula

És la vàlvula reguladora de pressió que automàticament mantindrà la pressió de sortida de la electrobomba i la regularà abans de repartir-la, per tal de que l'aigua arribi a les sis provetes i es produeixi la injecció. Té incoporat un manòmetre, per tal de controlar i saber amb precisió quina és la pressió de sortida.



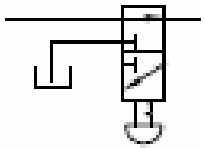
3.2.1.1.3 Circuit d'injecció

Es pot comprobar la col·locació de la base de la proveta, per sota de la qual s'injectarà l'aigua. Disposa de l'interruptor de permutació de la linia, perquè un cop la electrovàlvula rebi la ordre electrònica pugui automàticament donar pas a l'aigua, regulant la pressió d'injecció de treball indicada (5 bar).



3.2.1.1.4 Parada d'emergència

Aquest és el símbol de l'aparell que en cas de perill o emergència, només caldrà accionar-lo per tal de produir una parada automàtica del procés i que el circuit es tanqui totalment. En aquest cas l'aigua del procés d'injecció de les provetes per part de la electrobomba quedaria tancada sense alimentar el circuit.



3.3 SISTEMA ELECTRÒNIC

3.3.1 GRAFCET DEL PROCÉS

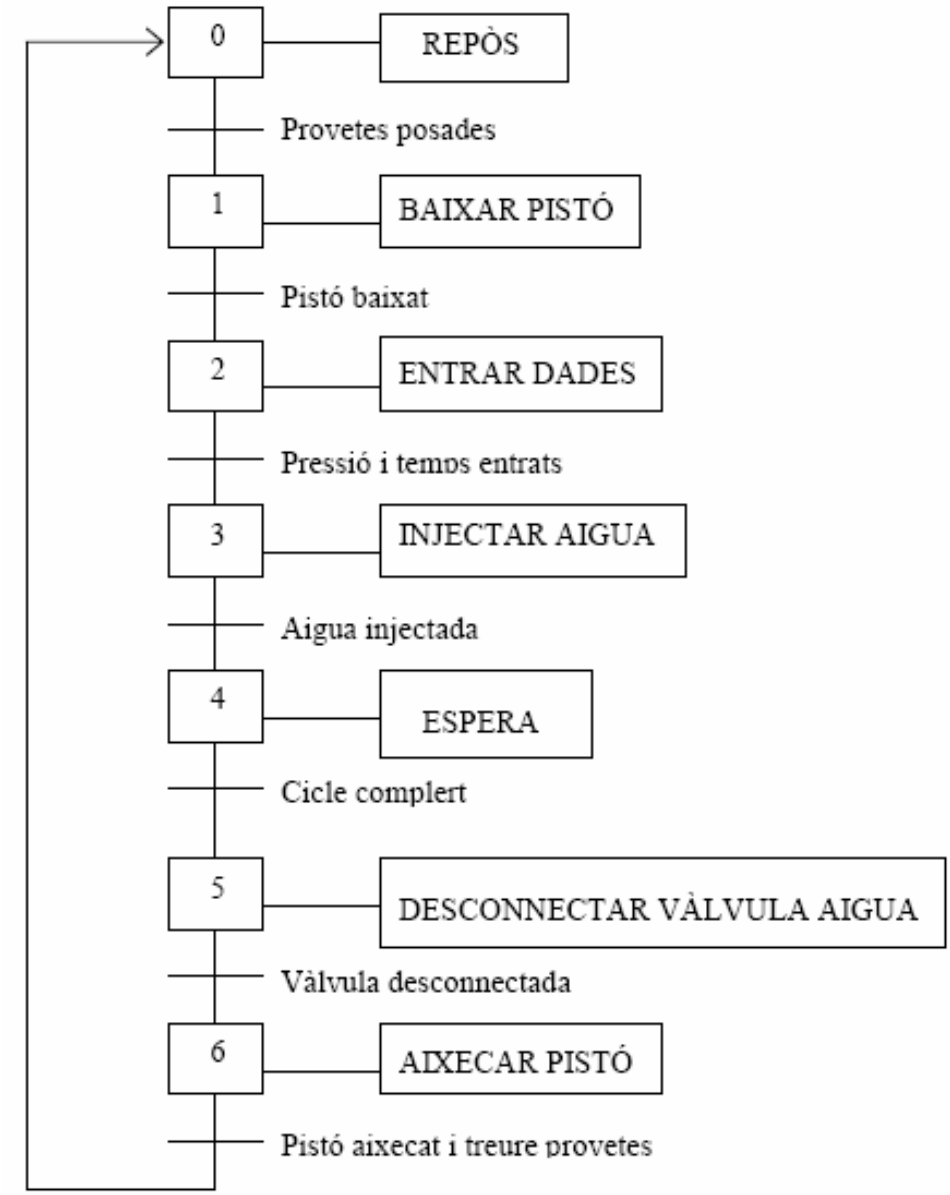


Figura.-77 Grafcet sobre el procés de la màquina.

(Software AutoCAD 2006)

3.3.1.1 Parts i components del grafcet

Aquest és l'exemple de la representació del procés de control de manera seqüencial (GRAFCET), segons l'assaig realitzat en la màquina per una proveta, el qual seria el mateix per cadascuna de les sis.

3.3.1.1.1 Accions

Les accions són les parts del grafcet que estan dintre d'un rectangle i en majúscules. Aquestes són totes aquelles funcions que ha de realitzar la màquina.

3.3.1.1.2 Transicions

Són aquelles situacions amb les que la màquina s'ha de trobar per tal de que doni per finalitzada una acció, i llavors poder continuar amb el procés, ja que fins que no s'hagi realitzat la transició no es podrà processar la següent acció.

4. PLEC DE CONDICIONS

ÍNDEX DEL PLEC DE CONDICIONS

ÍNDEX DE FIGURES DEL PLEC DE CONDICIONS

4.1 OBJECTIU DEL PLEC DE CONDICIONS

El plec de condicions té com a principal funció la regulació de les condicions entre les parts contractants considerant els aspectes tècnics, facultatius, econòmics i legals.

4.2 BREU DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny de l'estructura i l'automatització d'una màquina, la qual s'utilitzarà per a determinar un assaig sobre provetes de formigó endurit, concretament el de la Norma UNE-EN 12390-8:2001. "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión" (la qual substitueix a la UNE 83-309-90 EX).

El disseny de la màquina ha de permetre realitzar l'assaig de forma automatitzada per millorar la seva autonomia, i ha de tenir una capacitat de fins a sis provetes per augmentar la seva capacitat de producció, i en conjunt optimitzar la feina.

Estructuralment, tenint en compte les condicions de l'assaig i les necessitats de l'empresa, s'ha dissenyat una bancada mitjançant el programa de disseny SolidWORKS (basat en el mètode numèric dels elements finits), el qual ofereix les funcions més avançades en el camp de la modelització de peces, la definició de formes complexes, la creació i la gestió de grans muntatges i la seva plasmació en plànols, permetent passar d'un entorn de disseny en 2D a un altre en 3D.

Es contempla la possibilitat de fabricar-la en un futur immediat, i d'aquesta manera poder augmentar la productivitat actual de l'empresa (referent a aquest assaig) en un 300%, ja que permetrà quadruplicar la producció mensual de les sèries de provetes assajades.

4.3 RELACIÓ DE NORMES I REGLAMENTS LEGALS

La màquina haurà de complir tota la legislació i normativa vigent nacional i comunitària en matèria de Prevenció de Riscos Laborals.

4.3.1 COMPONENTS DE SEGURETAT

- Les màquines, instal·lacions i components de seguretat hauran de satisfer el R.D. 1435/92 i les seves modificacions i actualitzacions.

4.3.2 PRINCIPIS DE DISSENY ERGONÒMIC

- S'hauria de tenir en compte en el disseny de tots els llocs de treball de la màquina. Es complirà el R.D. 487/97 relatiu a la manipulació manual de càrregues.

- Els nivells de pressió sonora LAeq (equivalent) i LApeak (de pic) no superaran els 80 dB(A) i 140 dB(A) respectivament en els llocs de treball de la màquina.

4.3.3 ELECTRICITAT

- Tot i que no és de l'àmbit d'aplicació d'aquest projecte, la instal·lació elèctrica de la màquina i de la ubicació d'aquesta hauran de complir amb la normativa vigent referent a Baixa Tensió.

- La Norma UNE-EN 60204. Seguretat de les màquines i equip elèctric de les màquines.

4.3.4 COMPTABILITAT ELECTROMAGNÈTICA

- La instal·lació haurà de complir el R.D. 444/97 i les seves modificacions.

- Senyalització. Es complirà el R.D. 485/97 referent a la senyalització de seguretat.

- Llocs de treball. Es complirà el R.D. 486/97 referent a la seguretat en els llocs de treball.

- Equips de treball. Es complirà el R.D. 1215/97 referent a la seguretat dels equips de treball.

4.4 CONDICIONS TÈCNIQUES DELS MATERIALS

4.4.1 ACER ASTM A36

El material utilitzat pel disseny de l'estructura serà un acer de qualitat estructural ASTM A36, el qual té les característiques següents:

- **Composició química**

ELEMENTS	ASTM A36
C (Carboni)	0,25 màx.
Mn (Manganès)	0,80-1,20 (e > 3/4'')
P (Fòsfor)	0,04 màx.
S (Sofre)	0,05 màx.
Si (Silici)	0,40 màx.

Figura.-78 Composició química de l'acer ASTM A36.

(http://www.ipac.es)

- **Propietats mecàniques**

PROPIETATS	ASTM A36
Límit de fluència (MPa)	250 mín.
Resistència a la tracció (MPa)	400-550
Allargament (%)	20 mín.
Doblegat a 180º	Sense fisura

Figura.-79 Propietats mecàniques de l'acer ASTM A36.

(http://www.ipac.es)

És un acer dels anomenats al carboni, el qual és el que més abunda amb el 90% de tots els acers. Té una bona soldabilitat amb mètodes convencionals i s'utilitza en la fabricació de màquines, carrosseries d'automòbil i la major part de les estructures de construcció d'acer, cascos de bucs, somieres i forquetes.

4.4.2 DURO-ALUMINI 40

El material utilitzat pel disseny de les bases de les provetes serà Duro-Alumini 40, el qual té les característiques següents:

- **Composició química**

ELEMENTS	DURO-ALUMINI 40
Cu (Coure)	0,45%-1,50%
Mg (Magnesi)	0,45%-1,50%
Mn (Manganès)	0,60%-0,80%
Si (Silici)	0,50%-0,80%

Figura.-80 Composició química del Duro-Alumini 40.

(http://www.ipac.es)

- **Propietats mecàniques**

PROPIETATS	DURO-ALUMINI 40
Límit de fluència (MPa)	150 mín.
Resistència a la tracció (MPa)	170-200
Allargament (%)	8-13
Duresa Brinell (HB)	55-60

Figura.-81 Propietats mecàniques del Duro-Alumini 40.

(http://www.ipac.es)

Pertany al conjunt d'aliatges de fosa d'alumini. És de la família dels aliatges alumini-coure (2000). Presenta una elevada resistència mecànica a temperatura ambient, és anticorrosiu i té una bona mecanització. S'empren en la indústria aeronàutica i d'automoció, generalment com a peces injectades.

4.4.3 ALTRES MATERIALS

Pel que fa a la resta de materials utilitzats, estaran subjectes a:

- La gestió de la qualitat segons les normes ISO 9002.
- Les seves catacerístiques segons les normes UNE.

4.5 RESPONSABILITATS

Serà responsabilitat del fabricant si no s'utilitzen els materials adequats, en contra de la qualitat definida en aquest projecte per a l'equip.

Si un cop es fabriqués la màquina i en el cas de produir-se un mal funcionament d'aquesta, sempre d'acord amb les especificacions descrites en aquest projecte, la responsabilitat recaurà sobre el fabricant, dins el període de garantia.

Si l'usuari ho creu convenient, està capacitat per exigir al fabricant el correcte funcionament de l'equip, obligant al fabricant a la seva substitució o correcció de les peces o de tot l'equip complert en cas necessari.

Si l'usuari realitza pel seu propi compte alguna reparació en el període de garantia es pot perdre la garantia de l'equip.

És responsabilitat del fabricant, el que es compleixin totes les normes de seguretat en els processos de fabricació de la màquina, a fi d'evitar accidents derivats d'alguna negligència en el disseny o en la posterior fabricació. De la mateixa manera el fabricant o constructor del projecte està obligat a proveir-se dels permisos i llicències que acreditin la seva capacitat i facultats per a realitzar aquesta feina.

També té el dret de rebre la programació del treball per escrit així com les reclamacions que se li facin. També es proveirà de tots els plànols que es considerin necessaris per realitzar el treball, amb l'autorització prèvia de l'enginyer director.

4.6 PROPIETAT INTEL·LECTUAL

Tots els estudis, croquis, impresos i en general tota la documentació tècnica i administrativa és propietat intel·lectual exclusiva de l'empresa del fabricant i d'acord amb la legislació vigent no podrà ser utilitzada sense l'autorització per escrit del fabricant.

La reproducció parcial o total de la documentació referent a l'equip, serà perseguida per la llei. Les persones que copiïn tota o part d'aquesta informació seran rigorosament sancionades.

No es podran realitzar modificacions en el projecte original que no siguin autoritzades per escrit pel fabricant.

4.7 GARANTIA

L'empresa fabricant garanteix el correcte funcionament de tots els elements que composen la màquina (condicionada a un muntatge de tots els elements, segons les especificacions) durant el període de dos anys, a partir del lliurament de la mateixa, contra qualsevol defecte de construcció o muntatge, degudament comprovat.

Aquesta garantia inclou únicament la substitució de les peces o elements que resultin defectuosos.

L'empresa fabricant no es responsabilitzarà, sota cap circumstància, de les conseqüències que es poden derivar d'una intrusió de l'usuari.

No estan incloses en la garantia els desperfectes o averies per desgast normal, o negligència en la utilització i manipulació de la màquina.

4.8 CONDICIONS ECONÒMIQUES

4.8.1 CONDICIONS DE PAGAMENT

En el període o contracte realitzat entre el fabricant i el comprador, i d'acord amb el projecte, es fixarà l'import total de la màquina i la forma de pagament.

Es determinaran els percentatges de pagament de l'import total de la màquina, una part a la firma del contracte per la compra dels materials i l'altra part al lliurament de l'equip.

4.8.2 AUGMENT DE PREUS

Si durant el període de fabricació de la màquina es produeix un augment en el preu de qualsevol dels materials utilitzats, s'aplicarà la revisió oportuna sempre que sigui superior a un determinat percentatge de l'import indicat en el pressupost del contracte.

4.8.3 CONTRIBUCIÓ I IMPOST

Tots els impostos o contribucions als que doni lloc la màquina, correran a compte del comprador i si algun d'ells no és satisfet pel comprador, el fabricant queda autoritzat per a exigir el pagament corresponent al comprador.

Així mateix, el comprador tindrà d'afrontar les possibles sancions a que donin lloc un possible retard en el pagament dels mateixos.

4.9 FULL D'ESPECIFICACIONS

4.9.1 SISTEMA PNEUMÀTIC

4.9.1.1 Compressor

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Compressor.	**Data:** 07/2007
Funció: Alimentar contínuament de caudal d'aire al circuit pneumàtic, perquè els pistons treballin tot el procés.		
Denominació comercial: Compresor MB3 40-50 c/aceite 2cv FORMULA 50 L (Ref. Cofac-6029861).		
Marca: FIAC.		
Dades tècniques: Compressor de 2cv amb dipòsit de 50 L, amb caudal de treball de 240 L/min, pressió de fins a 8 bar i un consum de 220V.	**Esquema/Imatge:** 	
Materials de construcció: Ferro i acer inoxidable.		
Dimensions: 50 L / 8 bar.		

4.9.1.2 Filtre

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Filtre.	**Data:** 07/2007

Funció:

Filtra l'aire que alimenta el circuit per tal de que tingui la qualitat i composició adient.

Denominació comercial:

Grup tractament d'aire FRL PDE 2504TCUK-CA (1326054).

Marca:

PARKER.

Dades tècniques:

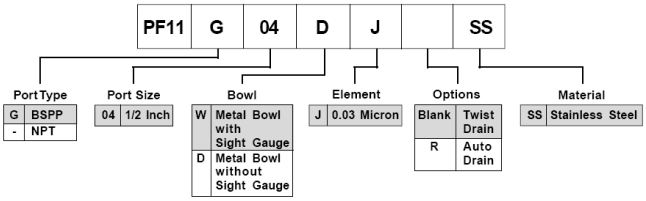
És dels anomenats filtres coalescents, els quals estan dissenyats per a eliminar aerosols d'oli i aigua de fins a 0,01µ. D'aquesta manera s'assegura en tot moment que l'aire del circuit està en les condicions òptimes de treball.

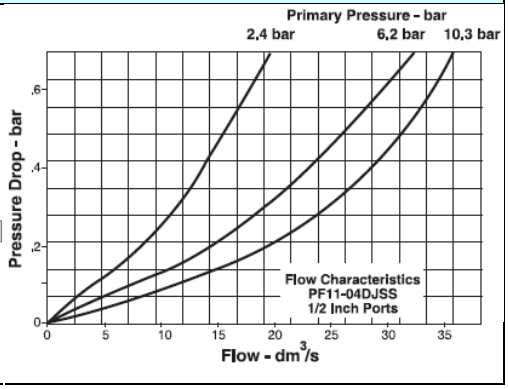
Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

Acer inoxidable i polímers d'alta precisió.

Dimensions:





4.9.1.3 Electrovàlvula distribució

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Electrovàlvula.	**Data:** 07/2007

Funció:
Regular i distribuir el pas d'aire automàticament als piston perquè aquests tinguin el caudal necessari.

Denominació comercial:
Electrovàlvula P2M MODUFLEX (2/2 – 1/4 PM-141AV).

Marca:
PARKER.

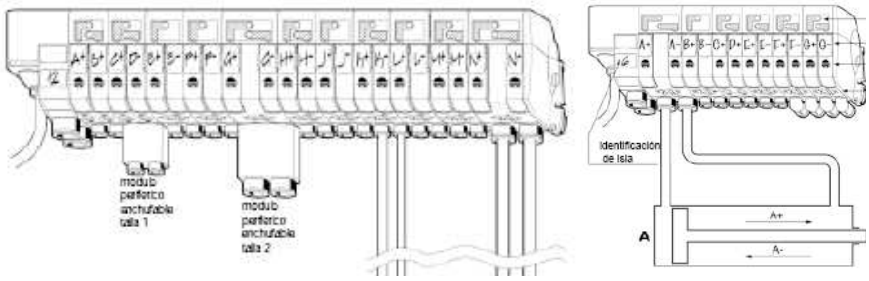
Dades tècniques:

Illa compacta d'electrovàlvules modulars protegides front l'aigua i la pols, amb les connexions elèctriques integrades i incorporant indicadors LED i mando manuals MAN en la mateixa linia de sortida del cilindre, per facilitar el montatge i el desenvolupament de la seva tasca.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:
Acer inoxidable i polímers d'alta precisió.

Dimensions:



4.9.1.4 Pistó

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Pistó.	**Data:** 07/2007

Funció:

Fixar les provetes a la màquina amb un plat acoblat al seu extrem, per evitar la fuita d'aigua.

Denominació comercial:

Cilindre Standart de doble efecte P1D-S080MS-0100.

Marca:

PARKER.

Dades tècniques:

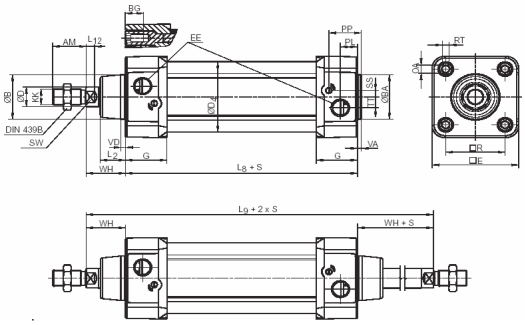
Cilindre de camisa perfilada amb rasqueta estàndard (PUR), de diàmetre 80 mm, amb una carrera de 100 mm, amb el "vástago" estàndard (d'acer inoxidable) i el camp de temperatura estàndard i amb una força teòrica de 3.016 N a 6 bar de pressió.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

Acer inoxidable i polímers d'alta precisió.

Dimensions:



Dimensiones

Ø mm	AM mm	B mm	BA mm	BG mm	D mm	D4 mm	E mm	EE mm	G mm	KK	L2 mm	L8 mm	L9 mm	L12 mm
32	22	30	30	16	12	45,0	50,0	G1/8	28,5	M10x1,25	16,0	94	146	6,0
40	24	35	35	16	16	52,0	57,4	G1/4	33,0	M12x1,25	19,0	105	165	6,5
50	32	40	40	16	20	60,7	69,4	G1/4	33,5	M16x1,5	24,0	106	180	8,0
63	32	45	45	16	20	71,5	82,4	G3/8	39,5	M16x1,5	24,0	121	195	8,0
80	40	45	45	17	25	86,7	99,4	G3/8	39,5	M20x1,5	30,0	128	220	10,0
100	40	55	55	17	25	106,7	116,0	G1/2	44,5	M20x1,5	32,4	138	240	14,0
125	54	60	60	20	32	134,0	139,0	G1/2	51,0	M27x2	45,0	160	290	18,0

Ø mm	OA mm	PL mm	PP mm	R mm	RT	SS mm	SW mm	TT mm	VA mm	VD mm	WH mm
32	6,0	13,0	21,8	32,5	M6	4,0	10	4,5	3,5	4,5	26
40	6,0	14,0	21,9	38,0	M6	8,0	13	5,5	3,5	4,5	30
50	8,0	14,0	23,0	46,5	M8	4,0	17	7,5	3,5	5,0	37
63	8,0	16,4	27,4	56,5	M8	6,5	17	11,0	3,5	5,0	37
80	6,0	16,0	30,5	72,0	M10	0	22	15,0	3,5	4,0	46
100	6,0	18,0	35,8	89,0	M10	0	22	20,0	3,5	4,0	51
125	8,0	28,0	40,5	110,0	M12	0	27	17,5	5,5	6,0	65

S=Carrera

4.9.1.5 Electrovàlvula accionament

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Electrovàlvula.	**Data:** 07/2007

Funció:
Regular i donar pas automàticament del caudal d'aire al pistó perquè aquest pugi o baixi.

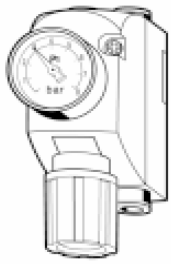
Denominació comercial:
Electrovàlvula MODUFLEX sèrie P/ P2M2V4E52CV.

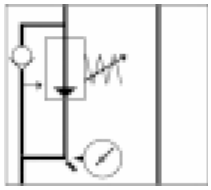
Marca:
PARKER.

Dades tècniques:

Electrovàlvula amb doble mòdul perifèric de control de caudal, mòdul regulador de pressió i mòdul doble antirretorn pilotat.

Esquema/Imatge:

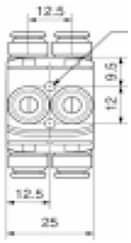




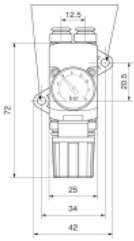
Materials de construcció:
Acer inoxidable i polímers d'alta precisió.

Dimensions:

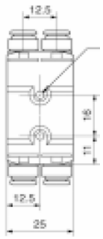
Doble mòdul de control de caudal



Mòdul regulador de pressió



Mòdul doble antirretorn pilotat



4.9.1.6 Conjunt de brides, tubs, ràcors i regleta

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Conjunt de brides, tubs, ràcors i regleta.	**Data:** 07/2007

Funció:

Fixar els aparells, distribuir i repartir el caudal i regular la pressió de treball.

Denominació comercial:

Brida P1C-49MB, Tuberia 6x8 TP11 8x6N, Ràcors 2167GB-CA i Regleta 6/5 – 1/4 W0502121012.

Marca:

PARKER.

Dades tècniques:

Conjunt d'accessoris per a linies d'aire, per tal d'establir un bon funcionament en el conjunt del circuit pneumàtic, tant des del punt de vista de fixar els aparells, com d'assegurar l'estanquitat, mantenir i distribuir la pressió de treball o per fer d'accionament entre uns i altres.

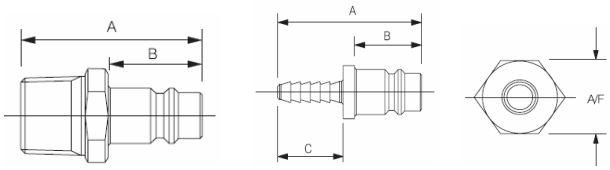
Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

Acer inoxidable i polímers d'alta precisió.

Dimensions:

R À C O R S



TUBS DE POLIURETÀ

Tube Size	Outside Ømm	Wall Thickness	Colour	Order code 25 m length	Order code 100 m length
3x2	3	0,5	Clear	P6T-PW0305-025	P6T-PW0305-100
3x2	3	0,5	Blue	P6T-PB0305-025	P6T-PB0305-100
3x2	3	0,5	Black	P6T-PC0305-025	P6T-PC0305-100
4x2,5	4	0,75	Clear	P6T-PW04075-025	P6T-PW04075-100
4x2,5	4	0,75	Blue	P6T-PB04075-025	P6T-PB04075-100
4x2,5	4	0,75	Black	P6T-PC04075-025	P6T-PC04075-100
6x4,0	6	1,00	Clear	P6T-PW06100-025	P6T-PW06100-100
6x4,0	6	1,00	Blue	P6T-PB06100-025	P6T-PB06100-100
6x4,0	6	1,00	Black	P6T-PC06100-025	P6T-PC06100-100
8x5,5	8	1,25	Clear	P6T-PW08125-025	P6T-PW08125-100
8x5,5	8	1,25	Blue	P6T-PB08125-025	P6T-PB08125-100
8x5,5	8	1,25	Black	P6T-PC08125-025	P6T-PC08125-100
10x7,0	10	1,50	Clear	P6T-PW10150-025	P6T-PW10150-100
10x7,0	10	1,50	Blue	P6T-PB10150-025	P6T-PB10150-100
10x7,0	10	1,50	Black	P6T-PC10150-025	P6T-PC10150-100
12x8,0	12	2,00	Clear	P6T-PW12200-025	P6T-PW12200-100
12x8,0	12	2,00	Blue	P6T-PB12200-025	P6T-PB12200-100
12x8,0	12	2,00	Black	P6T-PC12200-025	P6T-PC12200-100
14x9,5	14	2,25	Clear	P6T-PW14225-025	P6T-PW14225-100
14x9,5	14	2,25	Blue	P6T-PB14225-025	P6T-PB14225-100
14x9,5	14	2,25	Black	P6T-PC14225-025	P6T-PC14225-100

4.9.2 SISTEMA HIDRÀULIC

4.9.2.1 Electrobomba

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Electrobomba.	**Data:** 07/2007

Funció:

Per augmentar la pressió disponible en la xarxa d'aigua corrent i abastir al circuit per la injecció.

Denominació comercial:

Electrobomba periférica TM76E de 1,5cv.

Marca:

CALPEDA.

Dades tècniques:

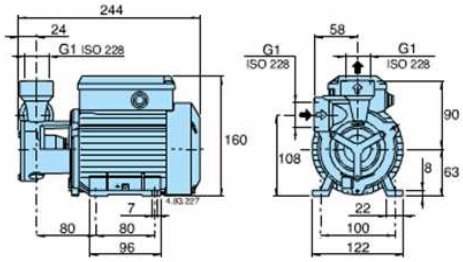
Electrobomba de 1,5cv monobloc de rodet perifèric, per a líquids nets, no agressius i sense partícules sòlides en suspensió, temperatura del líquid de -10ºC a 90ºC, amb una temperatura ambient de 40ºC, amb una alçada d'aspiració de fins a 7m i amb servei continu.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

El cos de ferro, el rodet de bronze i l'eix d'acer al crom.

Dimensions:



4.9.2.2 Calderí

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Calderí.	**Data:** 07/2007

Funció:
Emmagatzemar aigua per tindre abastit en tot moment al circuit, en cas de que no hi hagués a la xarxa.

Denominació comercial:
Hidrobox 24AMR-E DM25.

Marca:
CALPEDA.

Dades tècniques:

Acumulador hidropneumàtic amb membrana recanviable, amb les potes horitzontals i amb una capacitat de 25 L, de gran aplicació en circuits hidràulics.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:
Ferro i acer inoxidable.

Dimensions:

Modelo	Capacidad en litros	Presión máx. Bar	Dimensiones D x H	Conexión Ø
20 AMR-S	20	10	270 x 425	1"
50 AMR-S	50	10	360 x 620	
80 AMR-S	80	10	450 x 625	
100 AMR-S	100	10	450 x 740	

4.9.2.3 Pressostat

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Pressostat.	**Data:** 07/2007

Funció:
Per accionar la bomba en cas de baixada de pressió i mantenir la pressió del circuit.

Denominació comercial:
Presostato TELEMEC XMPA12.

Marca:
CALPEDA.

Dades tècniques:

Pressostat amb una capacitat de 12 Kgs, molt versàtil per l'aplicació de tot tipus de circuits hidràulics.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:
Acer inoxidable i polímers d'alta precisió.

Dimensions:

Modelo
FSG 2
XMPA 6
XMPA 12
FSG 2J20FORM/M4
XMXA06L

4.9.2.4 Reductor

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Reductor.	**Data:** 07/2007

Funció:

Permetre reduir la pressió de sortida de la bomba en cas necessari i reconduir-la als valors establerts.

Denominació comercial:

Reductor INTERMES 1/2'' DRV15.

Marca:

WATTS INDUSTRIES.

Dades tècniques:

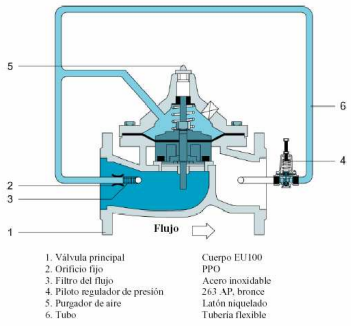
Disposa d'u n regulador de pressió PR500 que es controla per un pilot de control regulador de pressió graduable amb una molla, el qual és bidireccional i accionat per un diafragma generalment obert. El muntatge s'ha de fer entre dues vàlvules de tancament, un filtre en l'entrada i un purgador en la sortida.

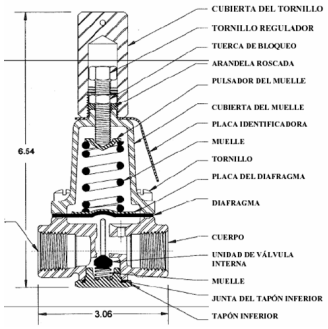
Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

Ferro i acer inoxidable.

Dimensions:





4.9.2.5 Manòmetre

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Manòmetre.	**Data:** 07/2007

Funció:

Per mesurar la pressió amb que surt l'aigua de la bomba per alimentar al circuit.

Denominació comercial:

Manómetro MA 10 (3820).

Marca:

CALPEDA.

Dades tècniques:

Manòmetre amb una capacitat de 0 a 10 Kg, molt versàtil per l'aplicació de tot tipus de circuits hidràulics.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

Acer inoxidable.

Dimensions:

Modelo
MN 0-6
MN 0-10
MNG 0-10
MNG 0-16

4.9.2.6 Electrovàlvula

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Electrovàlvula.	**Data:** 07/2007

Funció:
Regular i donar pas automàticament del caudal d'aigua per injectar a les sis provetes.

Denominació comercial:
Electrovàlvula 5281-A-13-1/2'' 230VAC 134620V.

Marca:
BURKERT.

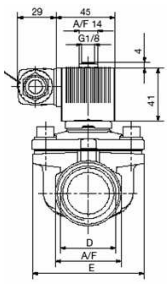
Dades tècniques:

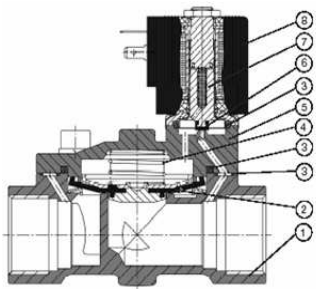
Electrovàlvula reguladora de pressió, sense cop d'ariet, per treballar fins a 16 bar, 2/2 vies d'accés i en general per l'aplicació de gran part de circuits hidràulics.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:
Llautó i polímers d'alta precisió.

Dimensions:





1 Corps de vanne :
2 Membrane :
3 Joints toriques :
4 Ressort :
5 Couvercle de vanne :
6 Joint de plongeur :
7 Plongeur :
8 Bobine :

4.9.2.7 Ràcor

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Ràcor.	**Data:** 07/2007

Funció:

Fer de pont connector entre la bomba, els tubs i la electrovàlvula per poder transmetre el caudal d'aigua.

Denominació comercial:

Racor 5 vías 1'' largo RL34.

Marca:

CALPEDA.

Dades tècniques:

Ràcor llarg de 5 vies, molt versàtil per l'aplicació de tot tipus de connexions hidràuliques.

Esquema/Imatge:

Materials de construcció:

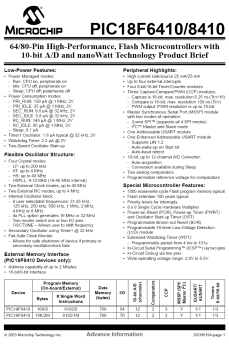
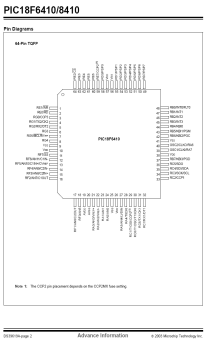
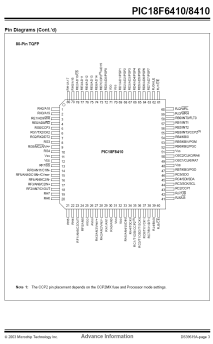
Acer inoxidable.

Dimensions:

Modelo
Racor 5 vías 1" 83 mm.
Racor 5 viás 1" 92 mm.
Racor 5 vías 1" 120 mm.
Racor 5 vías 1" x 3/4" x 1"

4.9.3 SISTEMA ELECTRÒNIC

4.9.3.1 Controlador electrònic

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Controlador.	**Data:** 07/2007
Funció: Automatitzar el sistema pneumàtic i l'hidràulic del procés d'assaig de la màquina.		
Denominació comercial: Controlador electrònic ABIC-Cons PIC 18f6410.		
Marca: MICROCHIP.		
Dades tècniques: Controlador electrònic utilitzat per la programació i l'automatització de tot tipus de màquines, el qual consta d'una circuiteria amb el microxip PIC 18f6410 i d'una programació amb llenguatge nemotècnic molt versàtils i sofisticats.	**Esquema/Imatge:** 	
Materials de construcció: Silici, germani, arseniür de gali i d'altres materials electrònics d'alta precisió.		
Dimensions:   		

4.9.4 ELEMENT ESTRUCTURAL

4.9.4.1 Potes de la base

Projecte: Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390-8:2001).	**Ítem:** Silent Block.	**Data:** 07/2007

Funció:

Protegir i repartir el pes de la màquina amb el terra i aïllar de possibles vibracions.

Denominació comercial:

Aïllador de vibracions LESOL – Caucho metal.

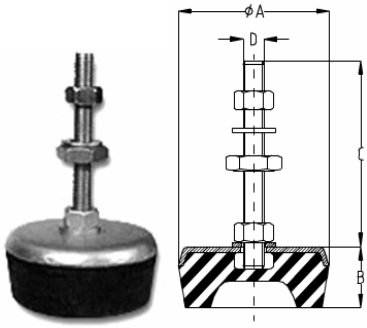
Marca:

LESOL.

Dades tècniques:

Soport utilitzat per la protecció de les més severes, sorolls i xocs. Està constituït per una armadura circular adherida al cautxu, la base del qual té un forat interior per aconseguir l'efecte de ventosa dessitjat. Té una varilla roscada amb dues femelles i una rosca de nivelació per una facil instal·lació. Les seves aplicacions bàsiques són per: - maquinària general, fressadora, torns, premses i compressors.

Esquema/Imatge:



Materials de construcció:

Cautxú i acer al carboni.

Dimensions:

Referencia	Dureza	DIMENSIONES (mm)				COMPRESION	
		ØA	B	D	C	Carga (Kg.)	Flecha (mm.)
S 000	60	040	23	M-08	065	60	3,5±0,5
S 00	60	060	28	M-10	090	160	4,0±1,0
S 0	60	070	32	M-12	110	300	4,5±1,0
S 1	60	085	32	M-12	110	500	4,5±1,0
S 2	60	100	40	M-14	120	600	6,0±1,0

5. ESTAT D'AMIDAMENTS

ÍNDEX DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS

5.1 INTRODUCCIÓ

En aquest apartat es descriu la referència o número d'element, i la quantitat d'elements utilitzats per a la construcció de la màquina.

S'inclou també la referència de cada element i el plànol en el que es troben els elements indicats.

En les cel·les de la columna "Nº PEÇA" on s'indica el valor "C", significa que es tracta d'elements comercials que no sofreixen cap modificació.

Aquesta llista de materials està dividida en 4 parts que són:

- Elements estructurals.
- Sistema pneumàtic.
- Sistema hidràulic.
- Sistema electrònic.

Les unitats referides en aquesta llista són:

- Elements unitaris "u".
- Metres "m".
- Quilograms "Kg".
- Hores "h".

5.2 LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS

5.2.1 ELEMENTS ESTRUCTURALS

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
1	5/17	Punta Pistó reforçada amb Duro-Alumini	6	u
2	4/17	Suport provetes Duro-Alumini	6	u
3	11/17 12/17 13/17	Tallat a làser de planxes de 2mm	150	Kg
4	7/17 5/17	Tallat a làser de planxes de 5mm	68	Kg
5	11/17 12/17 13/17	Plegat de planxa i portes de 2mm	4	h
6	2/17 3/17	Tall de tot el tub estructural	125	Kg
7	6/17	Passamà calibrat de reforç	12	u
8	14/17	Tall i soldadura dels operaris	24	h
9	9/17 10/17	Tallat làser de planxes i portes	2	h
10	15/17 16/17 17/17	Muntar tota l'estructura (2 operaris)	16	h

5.2.2 SISTEMA PNEUMÀTIC

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
C	----	Compressor FIAC MB3 FORMULA 2cv/8bar/50L	1	u
C	----	Electrovàlvula PARKER MODUFLEX	6	u
C	----	Cilindre PARKER Standart P1D-S080MS-0025	6	u
C	----	Brida d'accionament dels pistons P1C-49MB	6	u
C	----	Grup tractament d'aire FR+L 1326054	1	u
C	----	Regleta 6/5 – 1/4 W0502121012	1	u
C	----	Electrovàlvula 2/2 – 1/4 PM-141AV	1	u
C	----	Tuberia 6x8 TP11 8x6N	50	m
C	----	Conjunt de ràcors variats	1	u

5.2.3 SISTEMA HIDRÀULIC

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
C	----	Electrobomba CALPEDA perifèrica TM76E 1,5cv	1	u
C	----	Reductor WATTS INDUST. INTERMES DRV15	1	u
C	----	Electrovàlvula BURKERT 230VAC	1	u
C	----	Ràcor CALPEDA 5 vías 1'' largo RL34	1	u
C	----	Presostat CALPEDA TELEMEC XMPA12	1	u
C	----	Manòmetre CALPEDA MA 10 (3820)	1	u
C	----	Calderí Hidrobox CALPEDA 24AMR-E DM25	1	u

5.2.4 SISTEMA ELECTRÒNIC

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
C	----	Controlador automàtic ABIC-Cons	1	u
C	----	Programació del sistema electrònic	1	u
C	----	Components electrònics de l'aparell	1	u

6. PRESSUPOST

ÍNDEX DEL PRESSUPOST

6.1 INTRODUCCIÓ

En aquest apartat es determina el cost econòmic del projecte i del conjunt de la màquina, comptabilitzant també els beneficis i impostos. Es basa en l'apartat anterior de l'estat d'amidaments tenint en compte el nombre d'unitats de cada element i comptabilitzant les hores de mà d'obra requerides per a cada tipus de feina. En cada apartat es desglossen els preus unitaris i els preus totals.

El pressupost d'aquest projecte s'ha realitzat incloent les dades següents:

- Cost del material dissenyat de la màquina.
- Cost dels elements comercials.
- Despeses generals.
- Benefici industrial.
- I.V.A.

El pressupost d'aquest projecte no inclou les despeses de disseny de la màquina ni tampoc la realització del projecte.

En l'apartat dels elements estructurals s'inclouen les despeses de la mà d'obra, degudes al tall, plegat i muntatge dels components de l'estructura.

les despeses del P.E.M. (pressupost d'execució material) que inclou el desgast de la màquina, de les eines i de l'electricitat, anomenades Despeses Generasls (s'aplica el 13%) i també el 6% del Benefici Industrial.

A continuació, el cost d'aquesta part dels elements estructurals, conjuntament amb el de la resta de seccions dels elements comercials (pneumàtica, hidràulica i electrònica), estaran sotmesos a les despeses del P.E.M. (pressupost d'execució material). Aquest impost inclou el desgast de la màquina, el de les eines i el de l'electricitat, anomenades Despeses Generasls (s'aplica el 13%) i també el 6% del Benefici Industrial.

I finalment, de la suma del total dels costos dels quatre apartats més el P.E.M., s'aplicarà L'I.V.A. donant lloc al pressupost final.

6.2 LLISTA D'ELEMENTS I QUANTITATS

6.2.1 ELEMENTS ESTRUCTURALS

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
1	5/17	Punta Pistó reforçada amb Duro-Alumini	6	u	112,00	672,00
2	4/17	Suport provetes Duro-Alumini	6	u	84,00	504,00
3	11/17 12/17 13/17	Tallat a làser de planxes de 2mm	150	Kg	2,65	397,50
4	7/17 8/17	Tallat a làser de planxes de 5mm	68	Kg	3,40	231,20
5	11/17 12/17 13/17	Plegat de planxa i portes de 2mm	4	h	28,00	112,00
6	2/17 3/17	Tall de tot el tub estructural	125	Kg	1,38	172,50
7	6/17	Passamà calibrat de reforç	12	u	18,80	225,60
8	14/17	Tall i soldadura dels operaris	24	h	28,00	672,00
9	9/17 10/17	Tallat a làser de planxes i portes	2	h	45,00	90,00
10	15/17 16/17 17/17	Muntar tota l'estructura (2 operaris)	16	h	28,00	448,00
TOTAL DELS ELEMENTS ESTRUCTURALS					**3.524,80 €**	

6.2.2 SISTEMA PNEUMÀTIC

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
C	----	Compressor FIAC MB3 FORMULA 2c/8 bar/50L	1	u	178,20	178,20
C	----	Electrovàlvula PARKER MODUFLEX	6	u	45,59	273,57
C	----	Cilindre PARKER Standart P1D-S080MS-0025	6	u	149,99	899,93
C	----	Brida d'accionament dels pistons P1C-49MB	6	u	29,78	178,65
C	----	Grup tractament d'aire FR+L 1326054	1	u	97,20	97,20
C	----	Regleta 6/5 – 1/4 W0502121012	1	u	11,34	11,34
C	----	Electrovàlvula 2/2 – 1/4 PM-141AV	1	u	44,39	44,39
C	----	Tuberia 6x8 TP11 8x6N	50	m	1,22	60,75
C	----	Conjunt de ràcors variats	1	u	40,50	40,50
TOTAL DEL SISTEMA PNEUMÀTIC					**1.784,53 €**	

6.2.3 SISTEMA HIDRÀULIC

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
C	----	Electrobomba CALPEDA perifèrica TM76E 1,5cv	1	u	295,25	295,25
C	----	Reductor WATTS INDUST. INTERMES DRV15	1	u	28,24	28,24
C	----	Electrovàlvula BURKERT 230VAC	1	u	56,23	56,23
C	----	Ràcor CALPEDA 5 vías 1'' largo RL34	1	u	9,72	9,72
C	----	Presostat CALPEDA TELEMEC XMPA12	1	u	13,37	13,37
C	----	Manòmetre CALPEDA MA 10 (3820)	1	u	2,05	2,05
C	----	Calderí Hidrobox CALPEDA 24AMR-E DM25	1	u	22,48	22,48
TOTAL DEL SISTEMA HIDRÀULIC					**427,34 €**	

6.2.4 SISTEMA ELECTRÒNIC

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
C	----	Controlador automàtic ABIC-Cons	1	u	648,00	648,00
C	----	Programació del sistema electrònic	1	u	1.215,00	1.215,00
C	----	Components electrònics de l'aparell	1	u	364,50	364,50
TOTAL DEL SISTEMA ELECTRÒNIC					**2.227,50 €**	

6.3 LLISTA DEL PRESSUPOST DE LA MÀQUINA

- **Total dels elements estructurals ..... → 3.524,80 €**
- **Total del sistema pneumàtic ..... → 1.784,53 €**
- **Total del sistema hidràulic..... → 427,34 €**
- **Total del sistema electrònic..... → 2.227,50 €**
- **TOTAL DEL CONJUNT DE LA MÀQUINA ..... → 7.964,17 €**
    - 13% Despeses Generals..... → 1.035,34 €
    - 6% Benefici Industrial..... → 477,85 €
- **TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M..... → 9.477,36 €**
    - 16% I.V.A..... → 1.516,38 €

TOTAL PRESSUPOST FINAL..... → 10.993,74 €

6.4 RESUM DEL PRESSUPOST

- **TOTAL DEL CONJUNT DE LA MÀQUINA .....→ 7.964,17 €**
- **TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 9.477,36 €**
- **16% I.V.A.....→ 1.516,38 €**

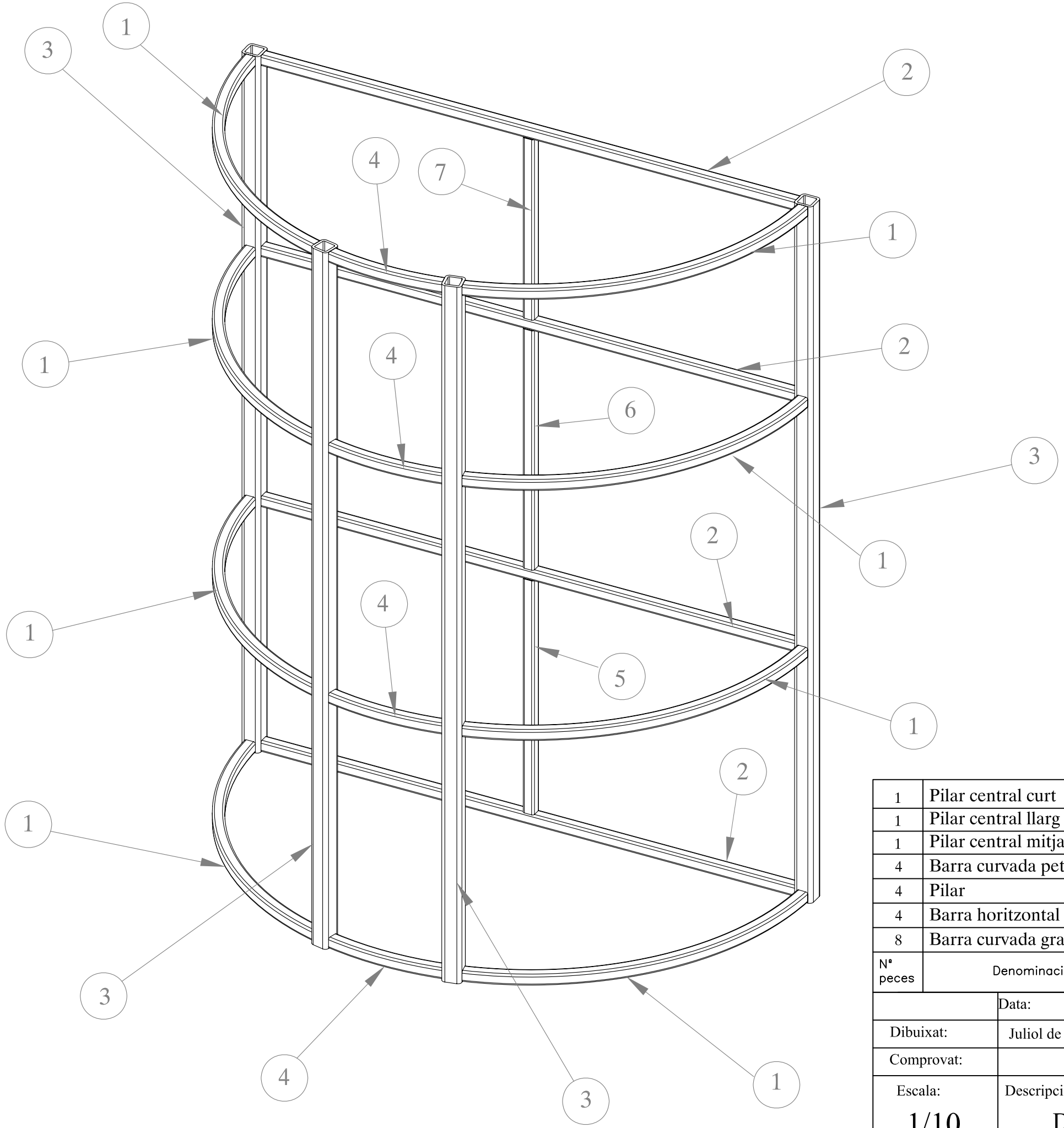
TOTAL PRESSUPOST FINAL..... → 10.993,74 €

El cost total de l'execució material de la màquina ascendeix a la quantitat de;

Deu mil nou-cents noranta-tres euros i setanta-quatre cèntims, 10.993,74 €

7. PLÀNOLS

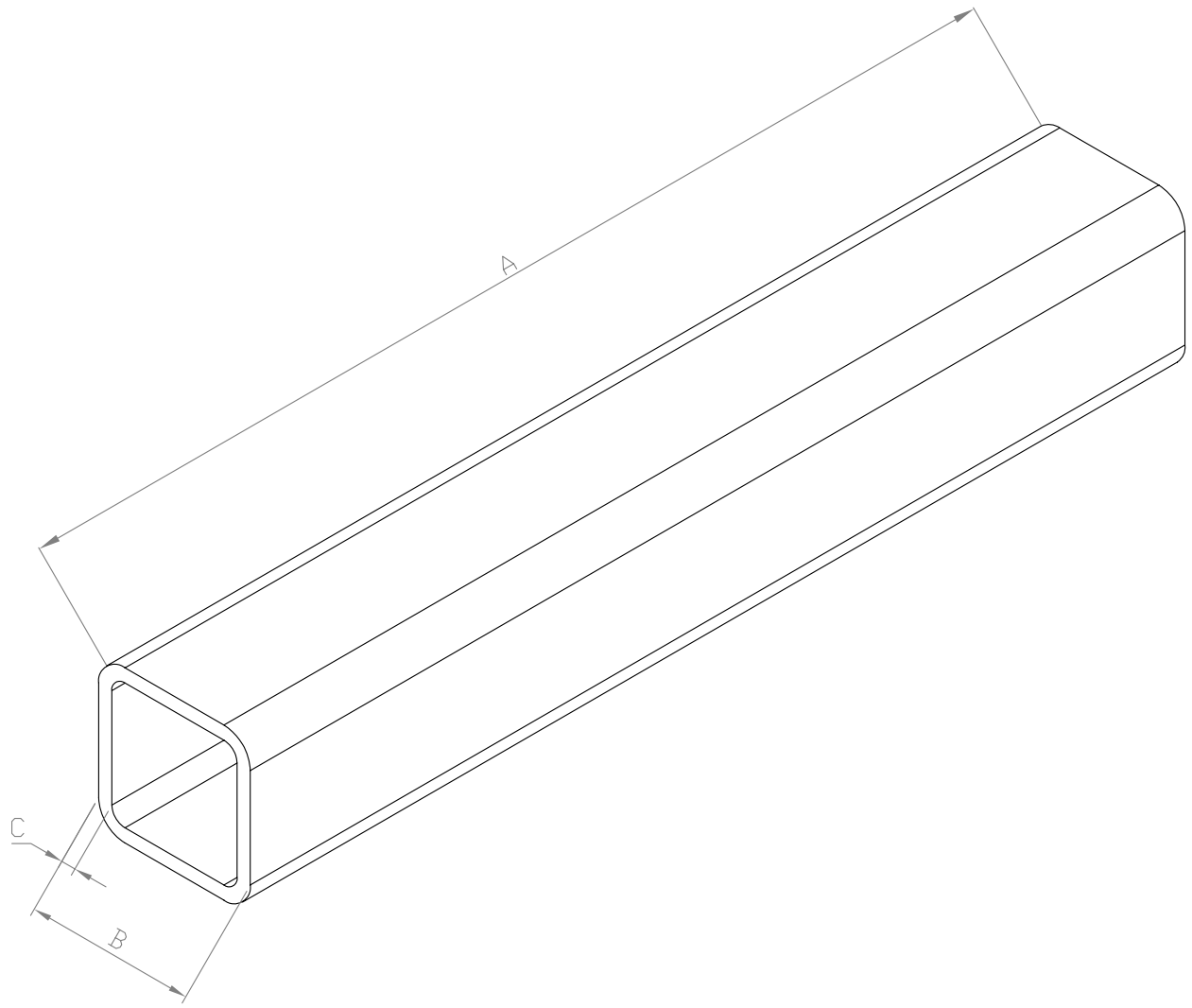
ÍNDEX DELS PLÀNOLS



Nº peces	Denominació	Marca	Dibuix Nº Norma Nº	Material	Dimensions en brut pes, etc
1	Pilar central curt	7		Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 505
1	Pilar central llarg	6		Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 670
1	Pilar central mitja	5		Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 655
4	Barra curvada petita	4		Acer estructural	□ 30 x 2,6 curvada
4	Pilar	3		Acer estructural	□ 50 x 4,5x 1950
4	Barra horitzontal	2		Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 1450
8	Barra curvada gran	1		Acer estructural	□ 30 x 2,6 curvada

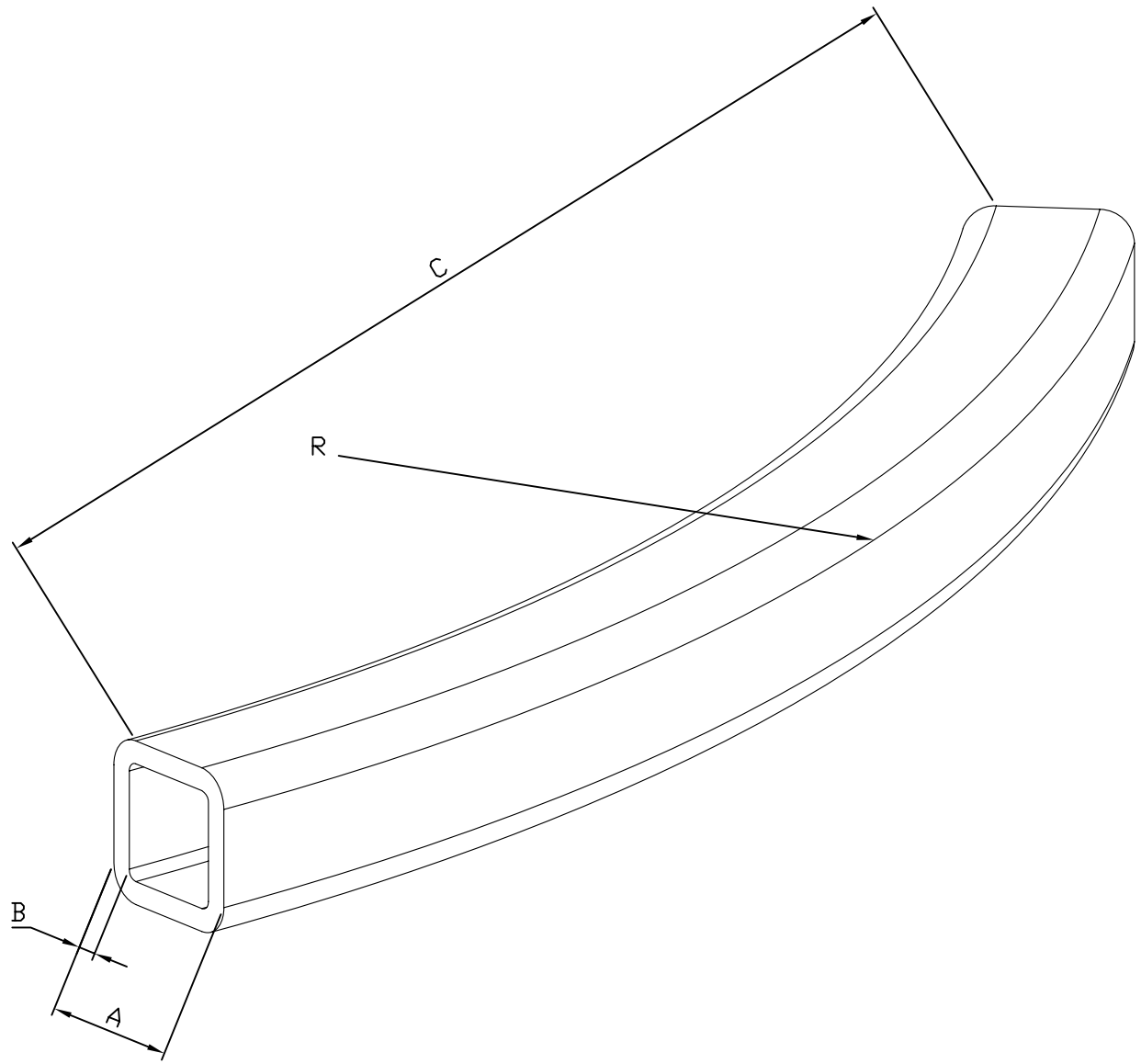
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				

Escala:	Descripció:	Plànol: 01/17
1/10	Detalls barres que formen l'estructura	



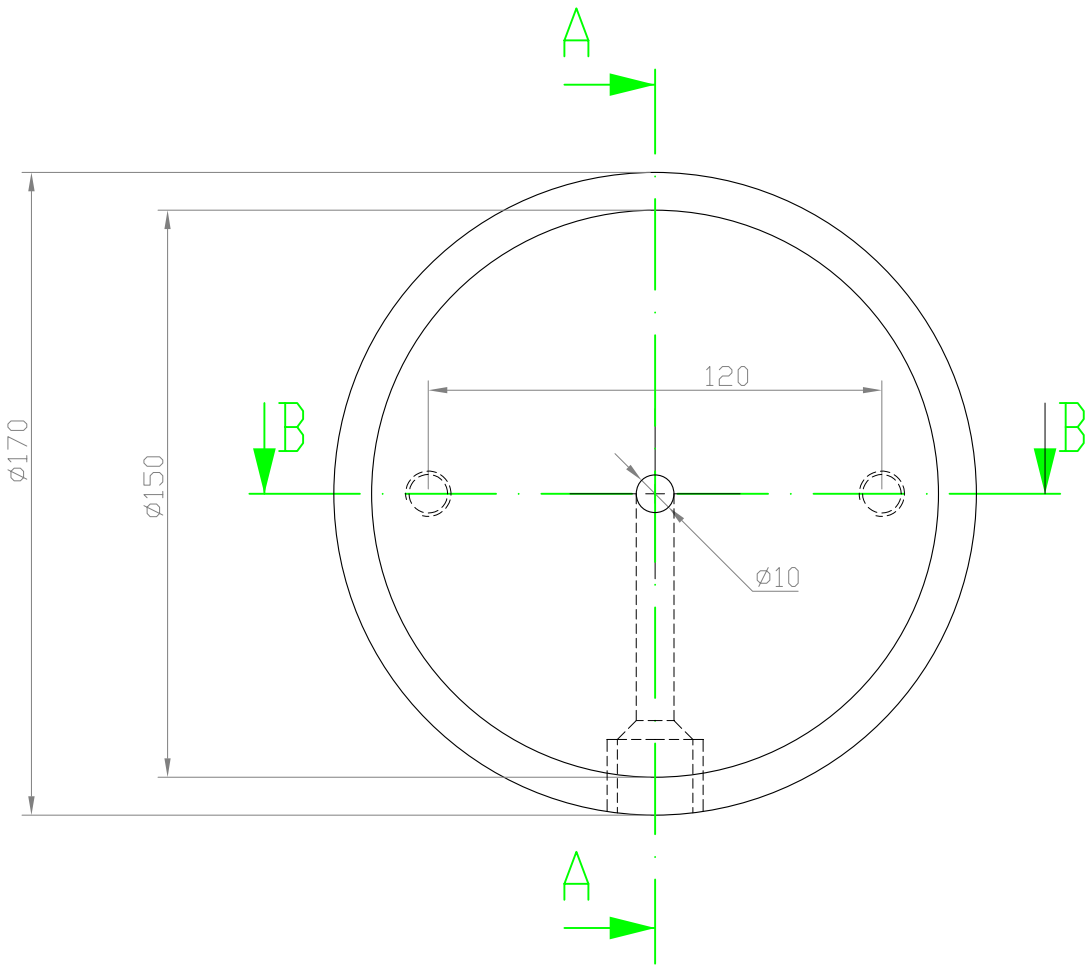
1	Pilar central curt			Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 505
1	Pilar central llarg			Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 670
1	Pilar central mitja			Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 655
4	Pilar			Acer estructural	□ 50 x 4,5x 1950
4	Barra horitzontal			Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 1450
Nº peces	Denominació	Marca	Dibuix Nº Norma Nº	Material	B x C x A

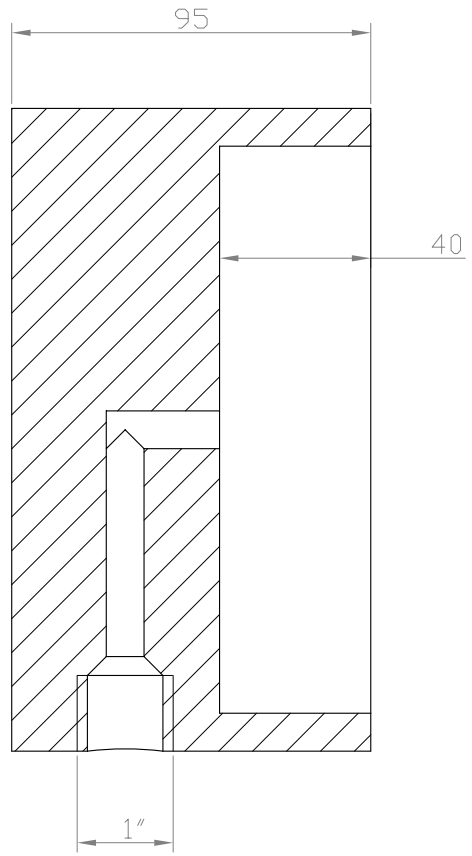
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala:	Descripció: Taula de tall del tub estructural lineal			Plànol: 02/17



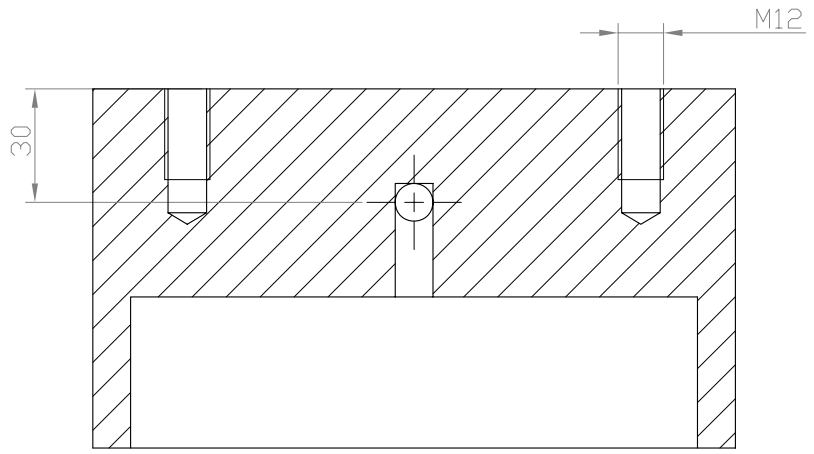
4	Barra curvada petita		Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 296,95 x R 765
8	Barra curvada gran		Acer estructural	□ 30 x 2,6 x 876,60 x R 765
Nº peces	Denominació	Marca	Material	A x B x C x R

	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala:	Descripció: Taula de tall del tub estructural corbat			Plànol: 03/17



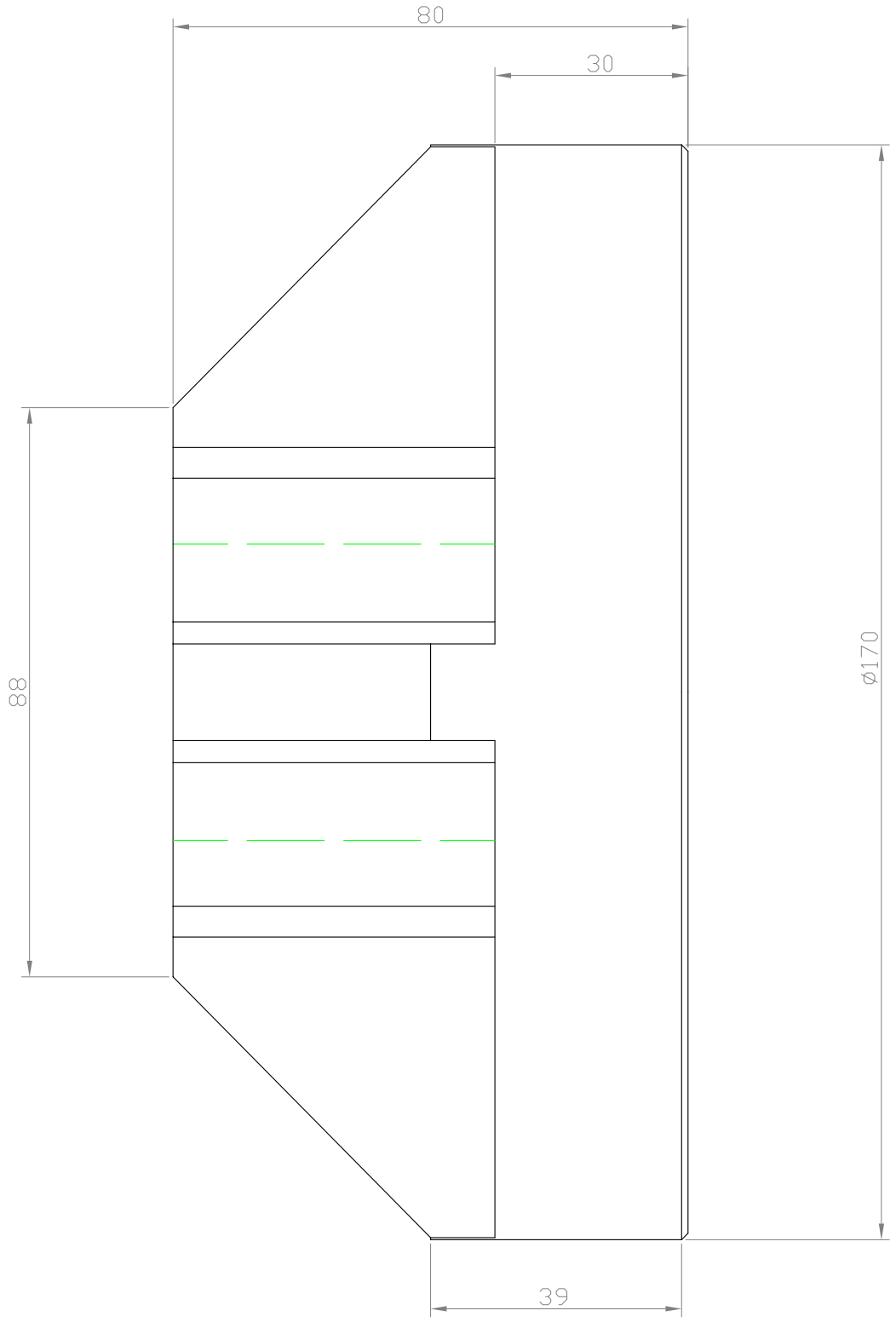


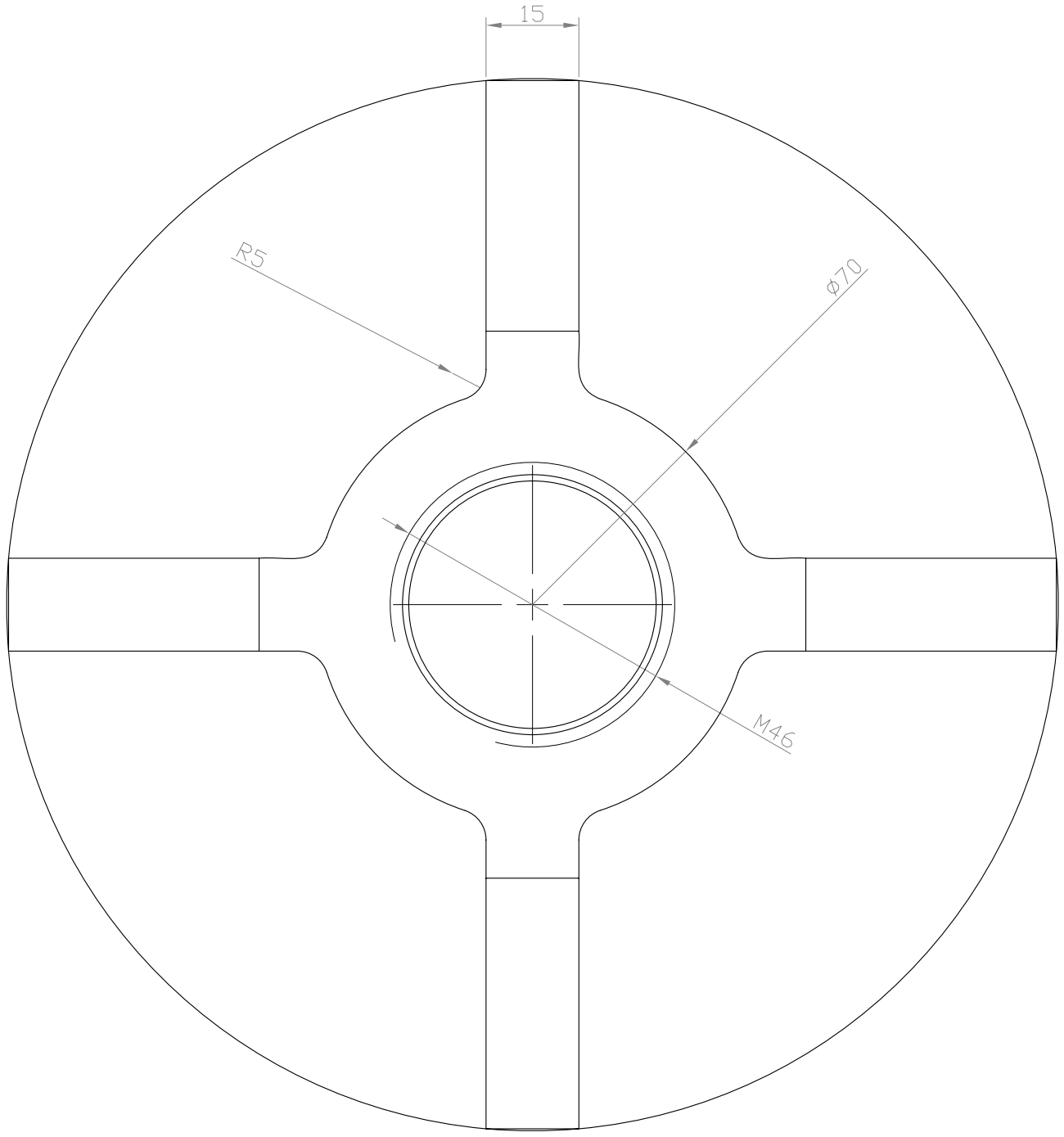
SECCIóN A-A

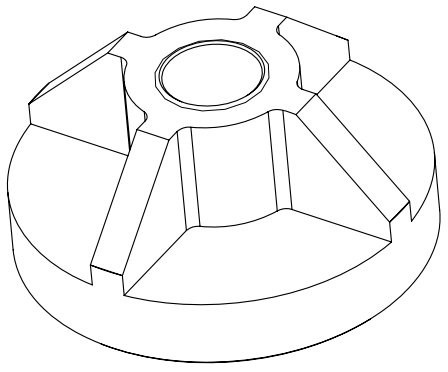


SECCIóN B-B

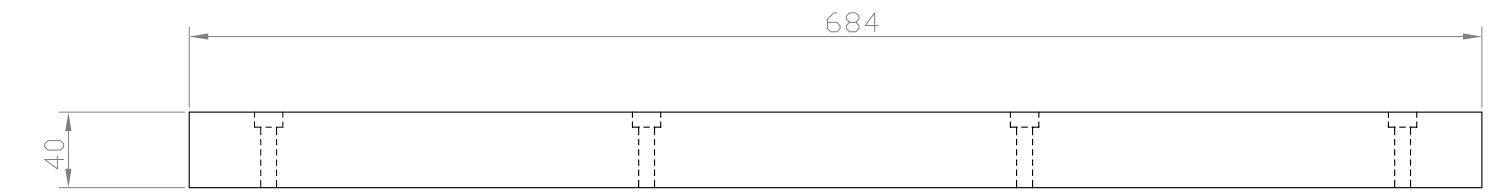
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/2	Descripció: Soport provetes			Plànol: 04/17

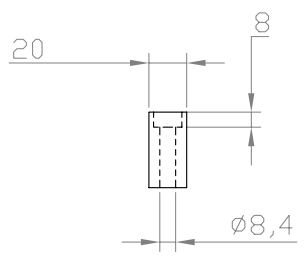




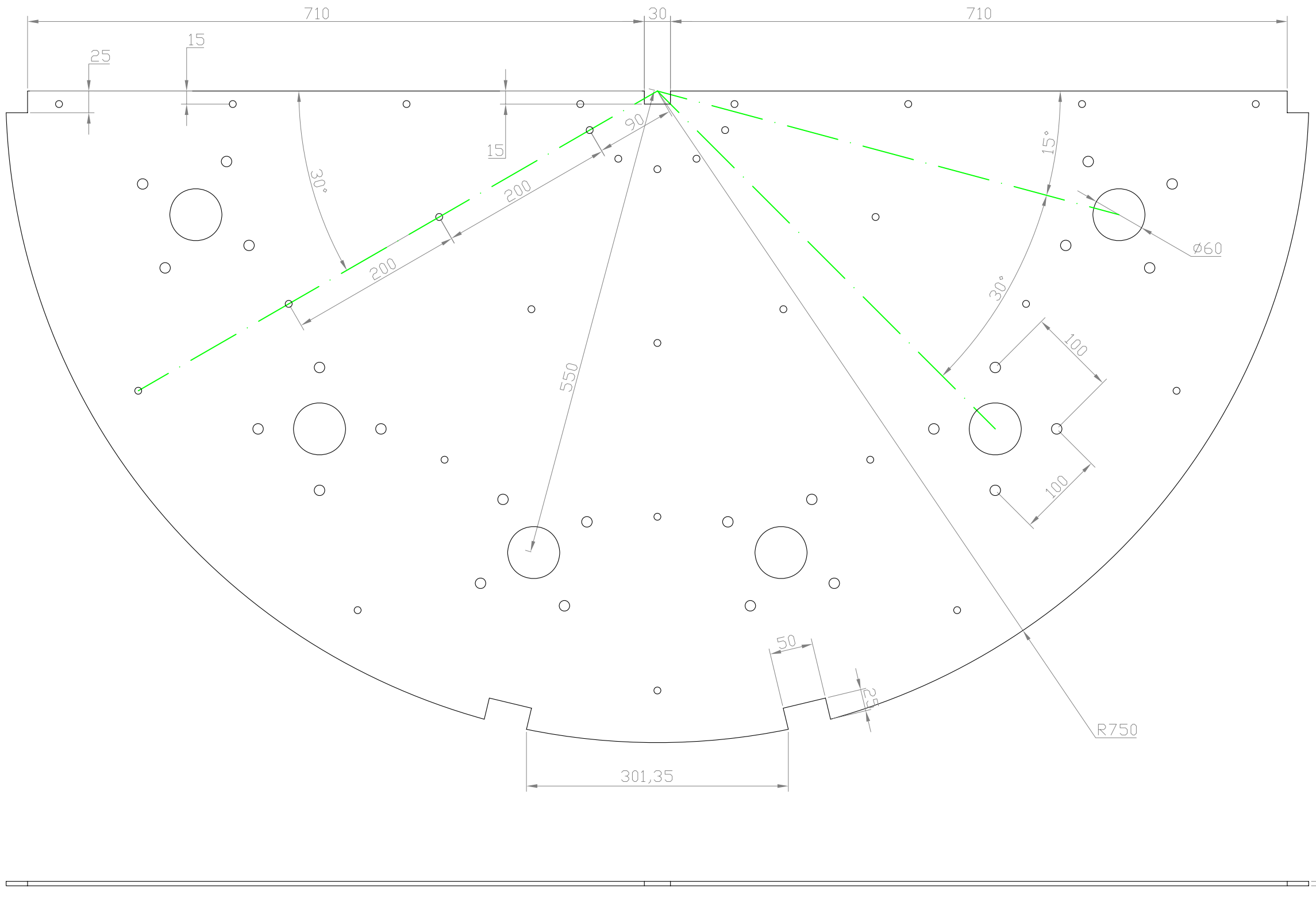


	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/1	Descripció: Punta pistó			Plànol: 05/17

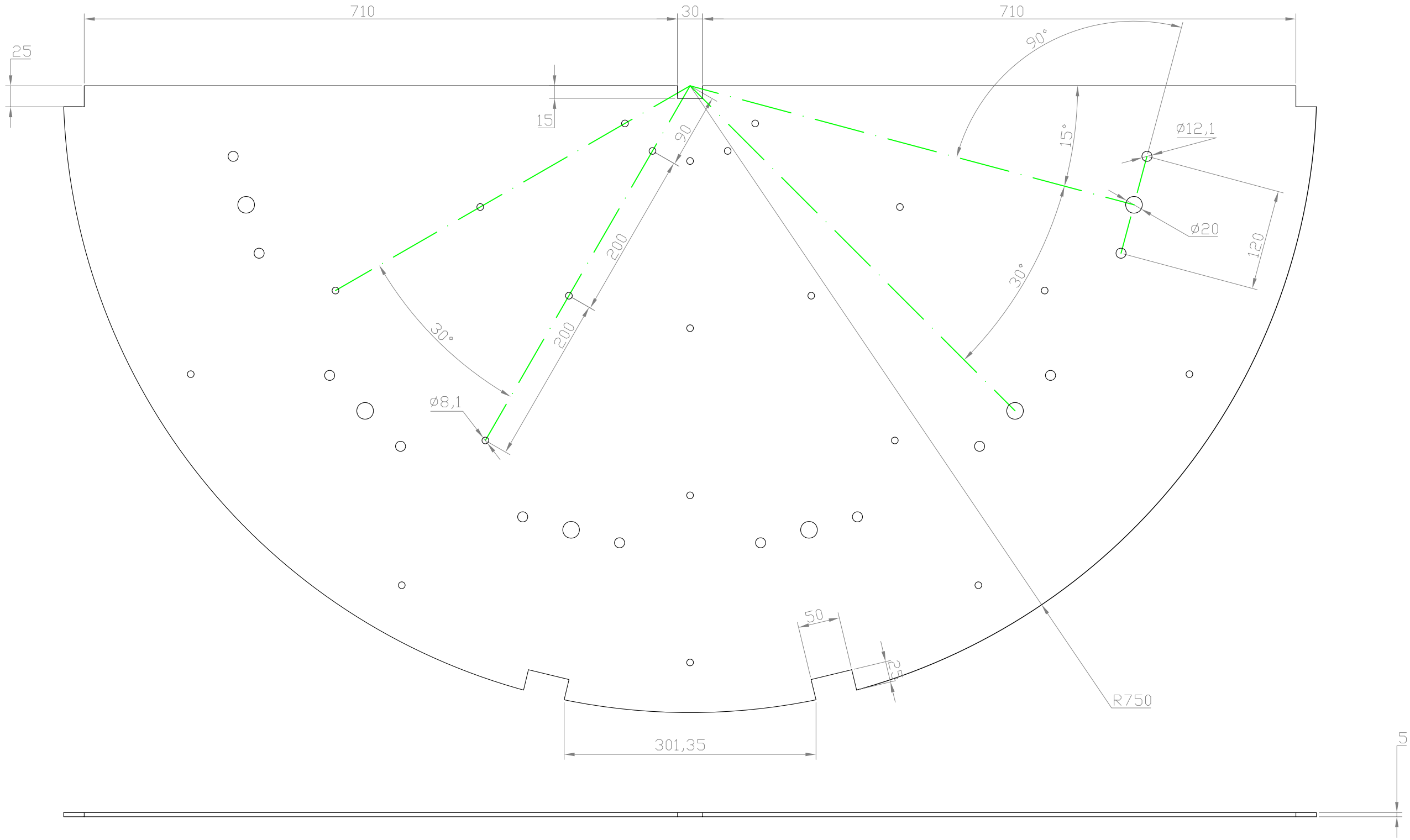




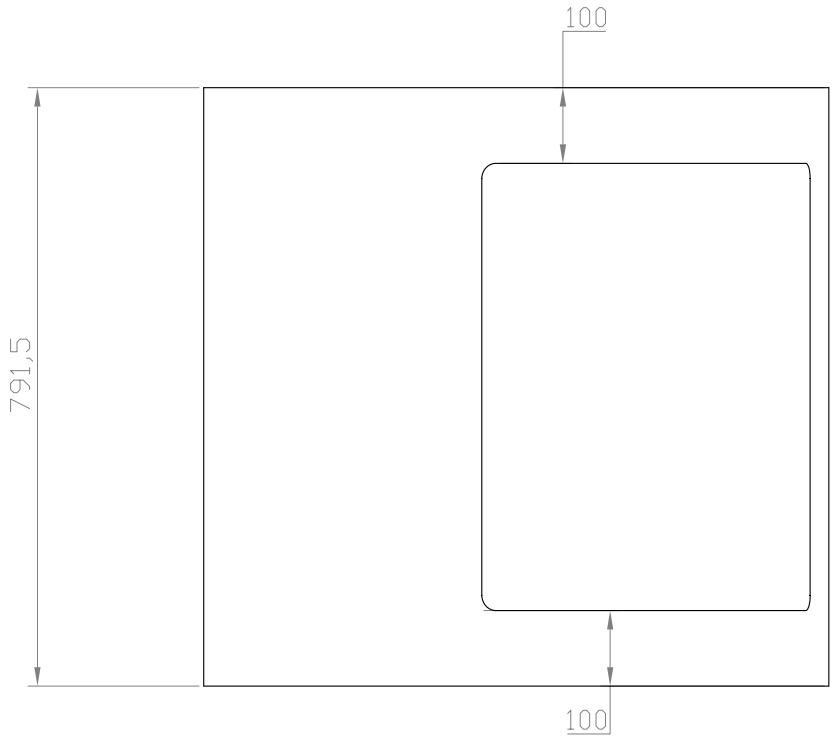
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/4	Descripció: Pasamà calibrat reforç d'estructura			Plànol: 06/17

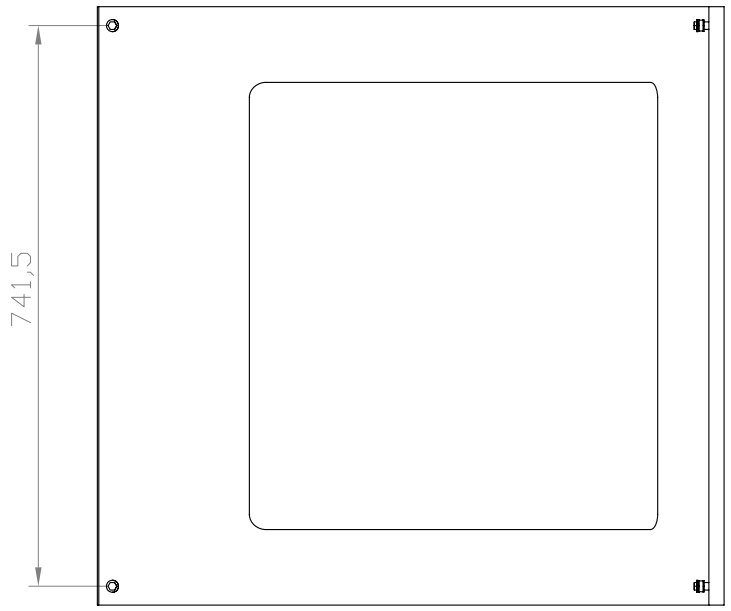


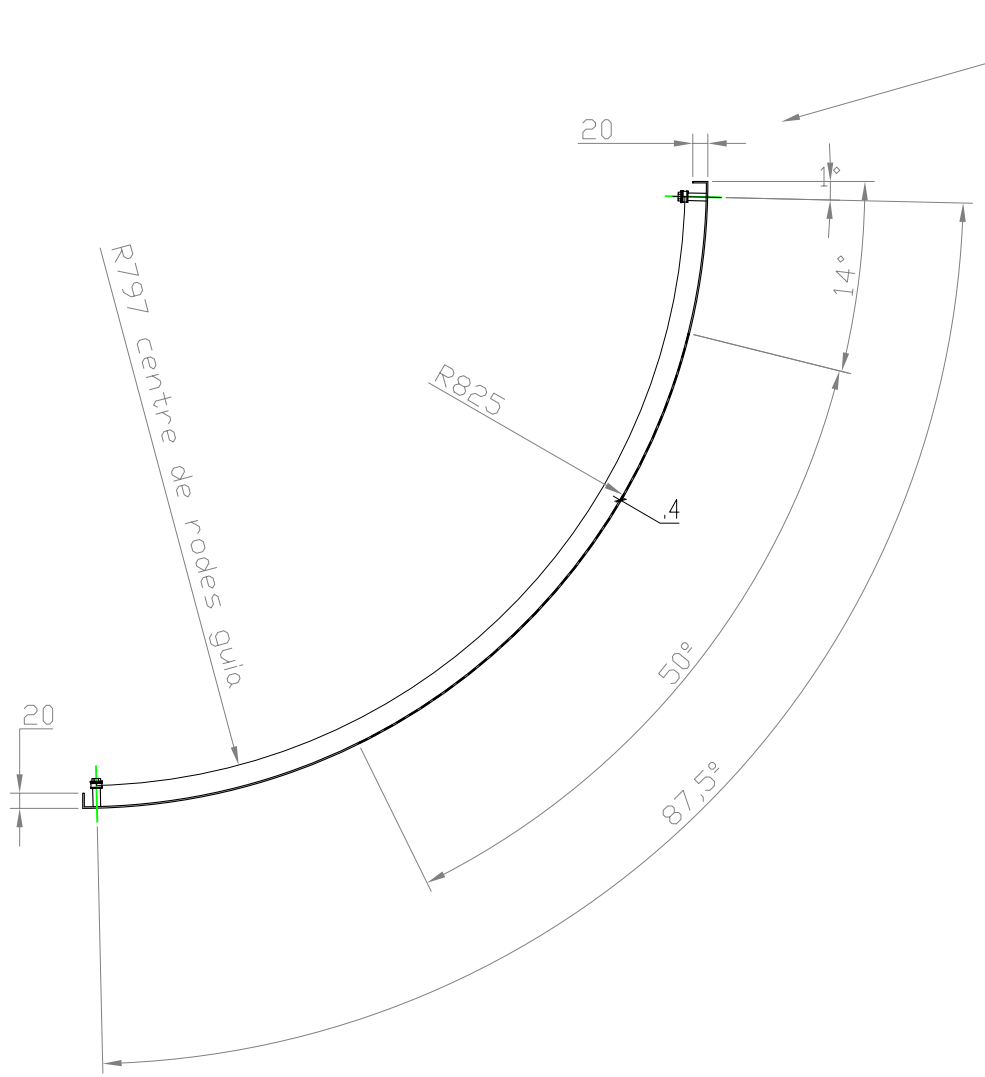
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/5	Descripció: Planxa tallada a laser soport pistons			Plànol: 07/17

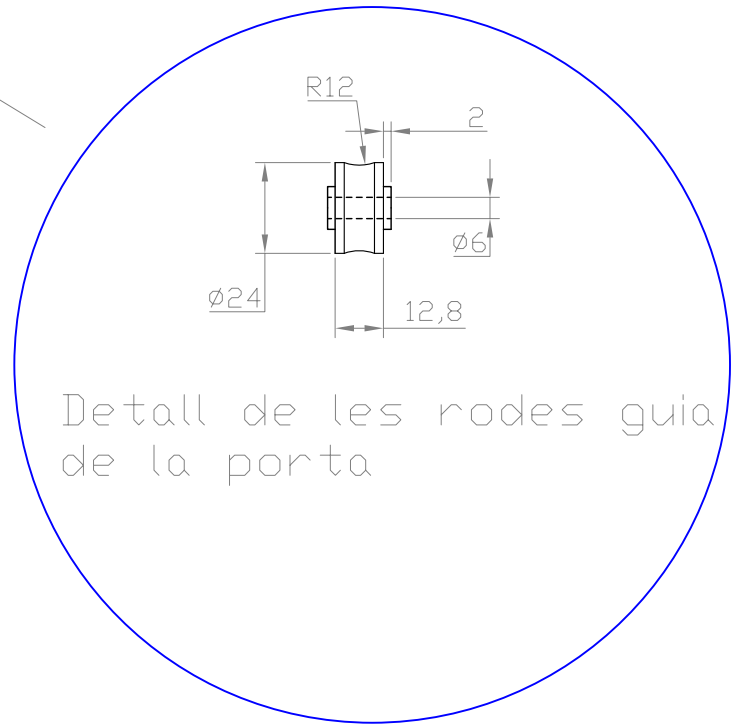


	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/5	Descripció: Planxa tallada a laser soport base probetes			Plànol: 08/17

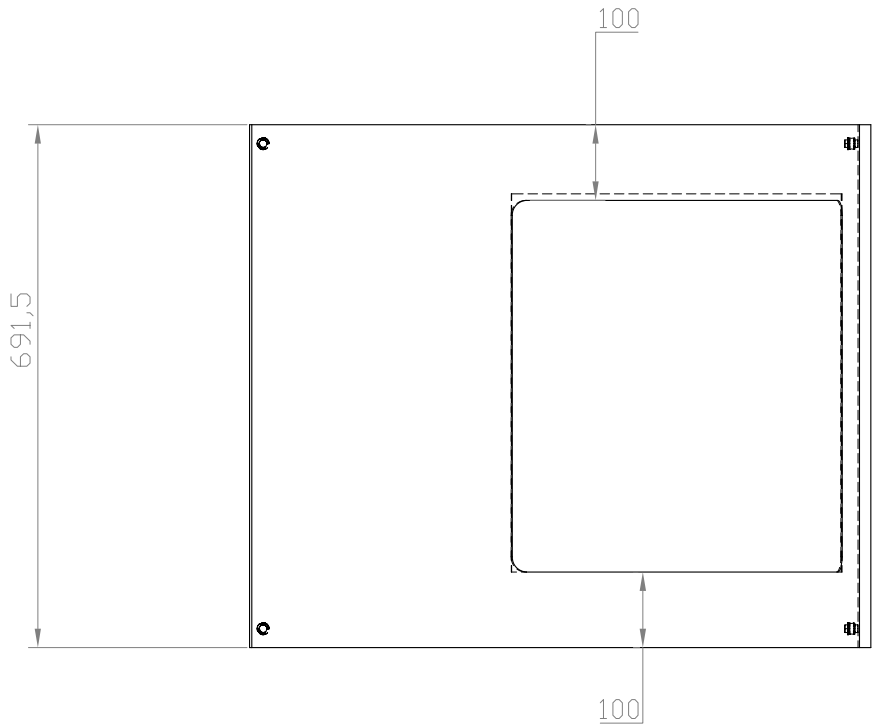


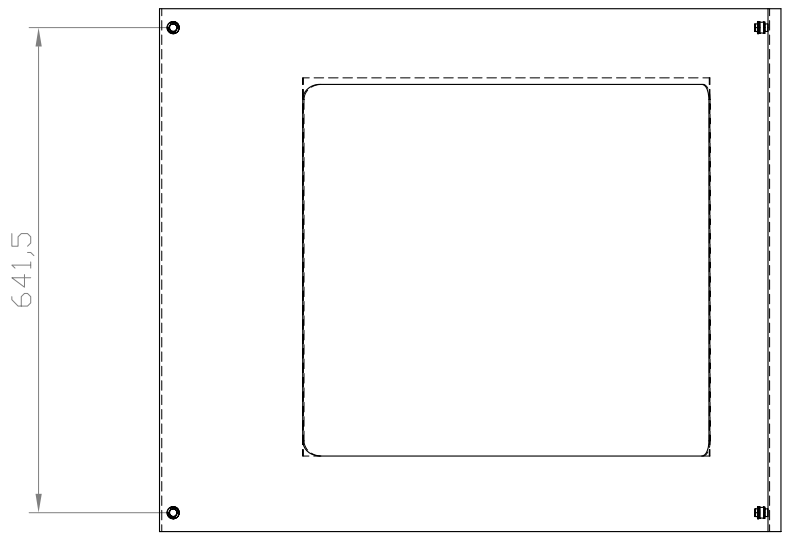


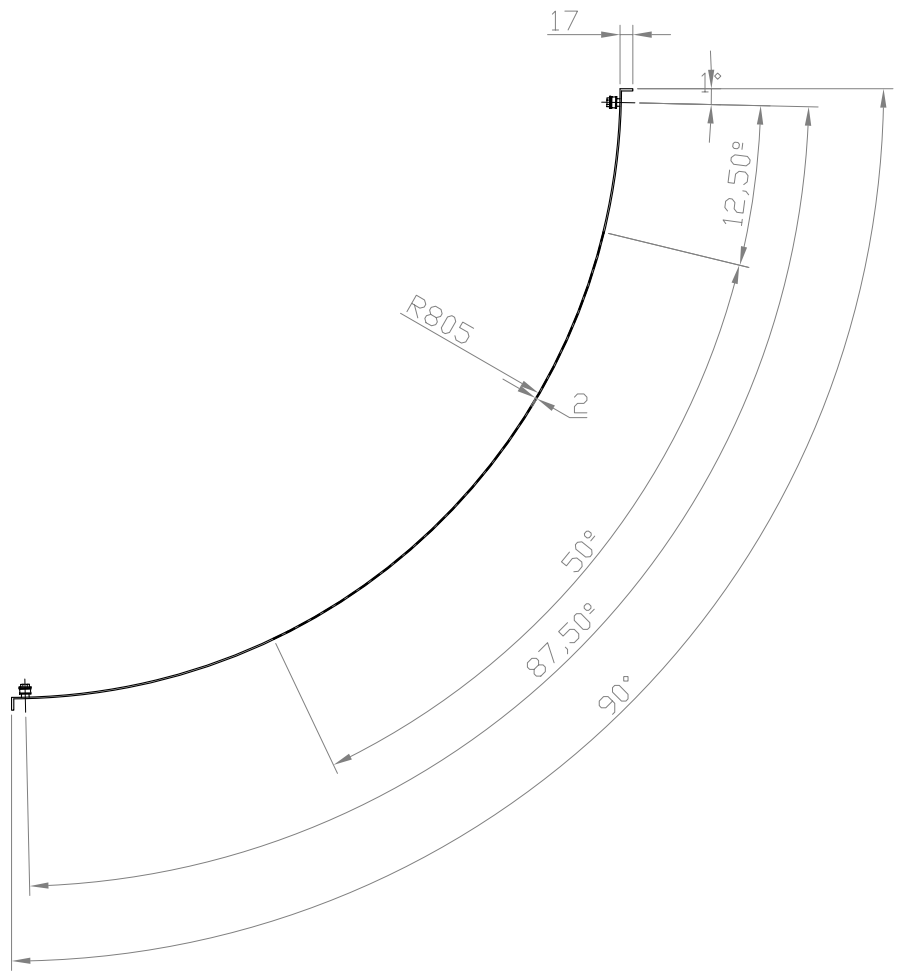




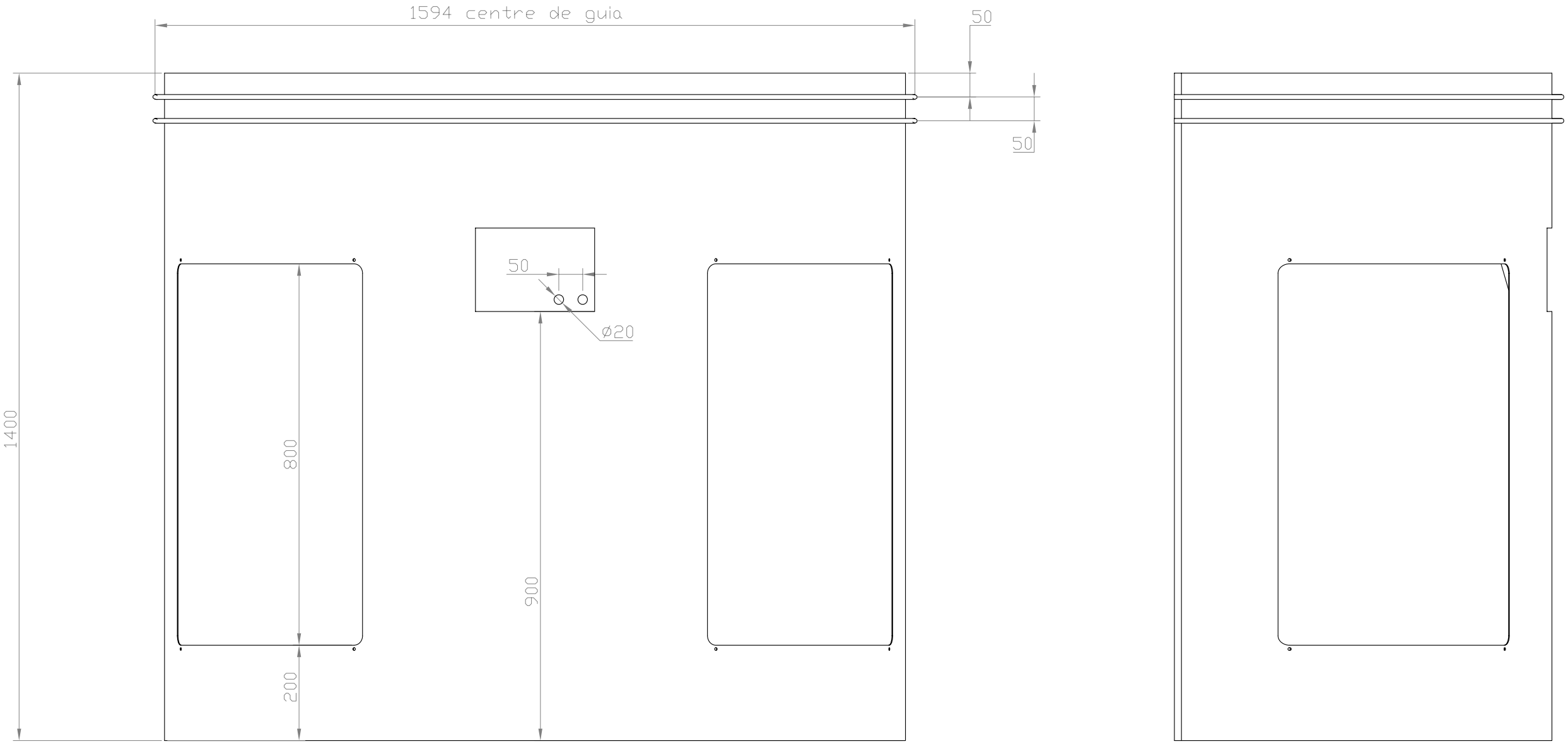
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/10	Descripció: Porta corredera dreta			Plànol: 09/17

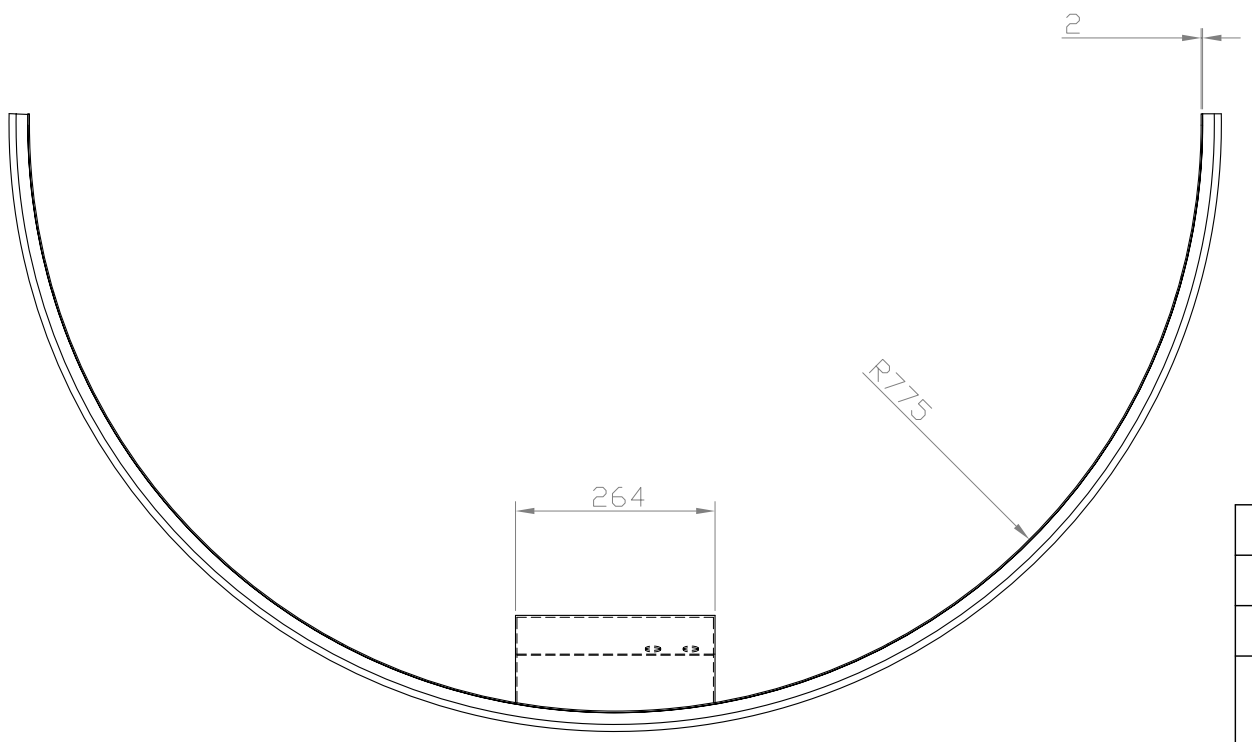




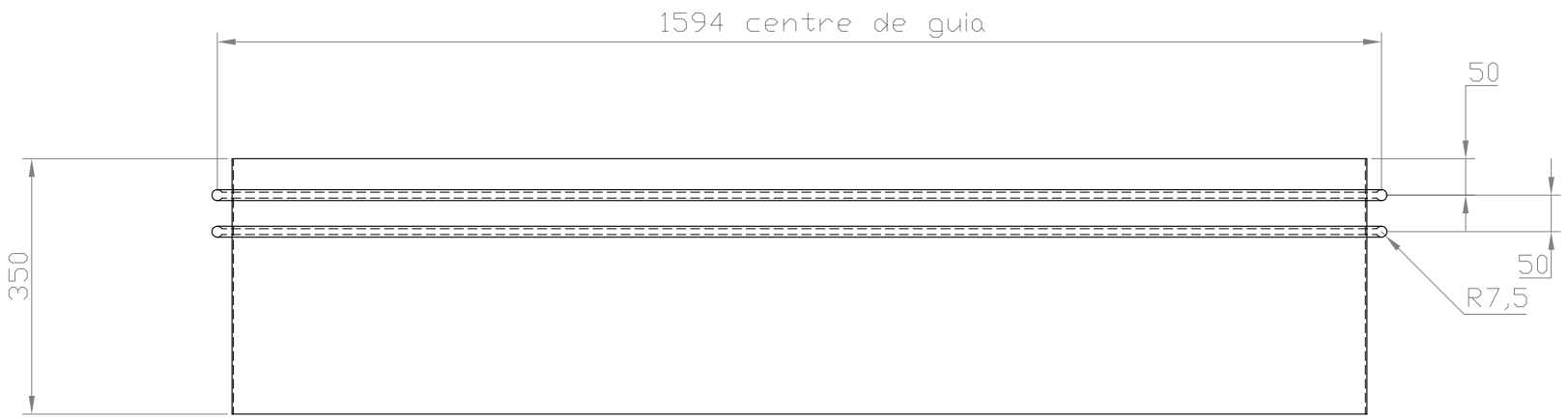


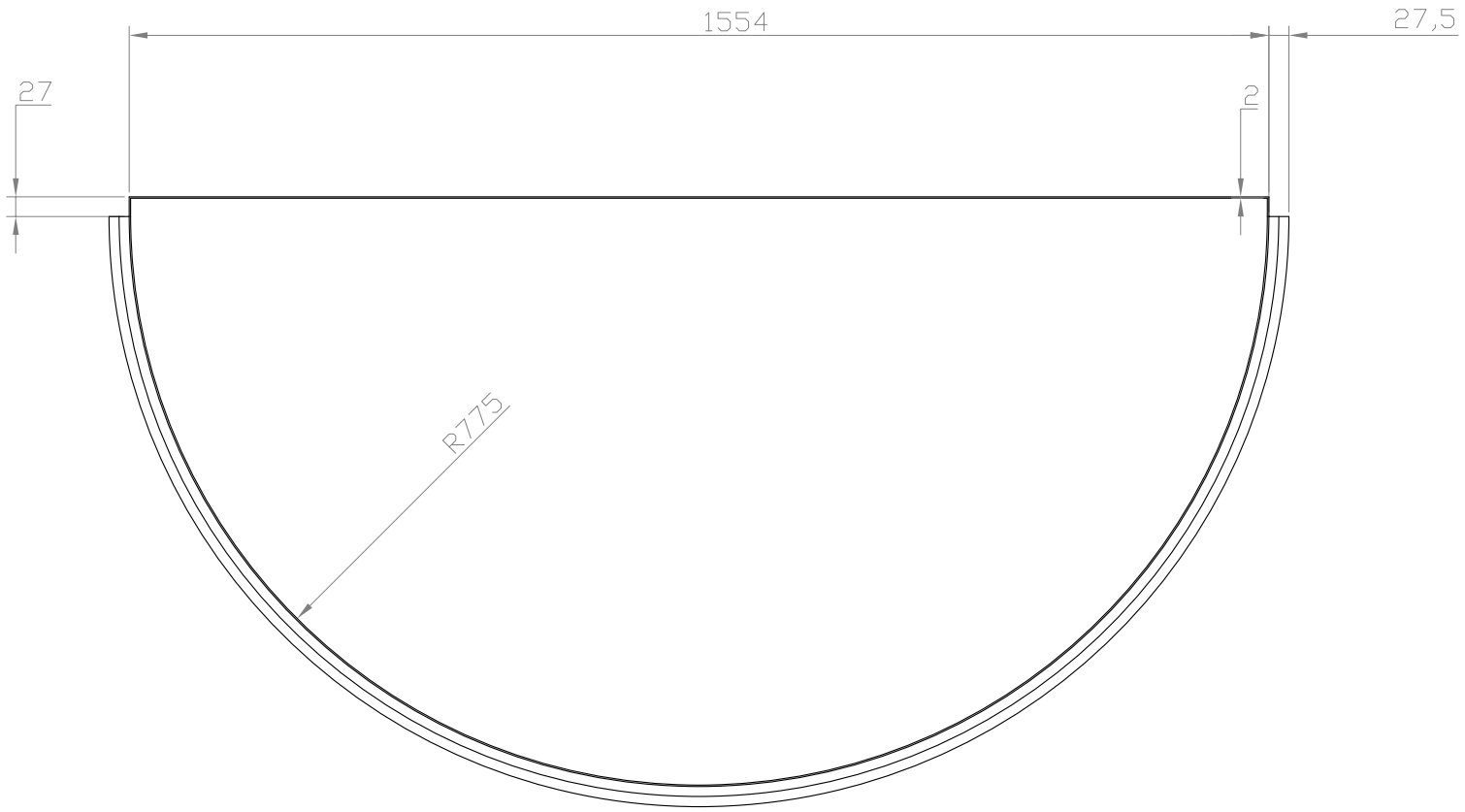
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/10	Descripció: Porta corredera esquerra			Plànol: 10/17



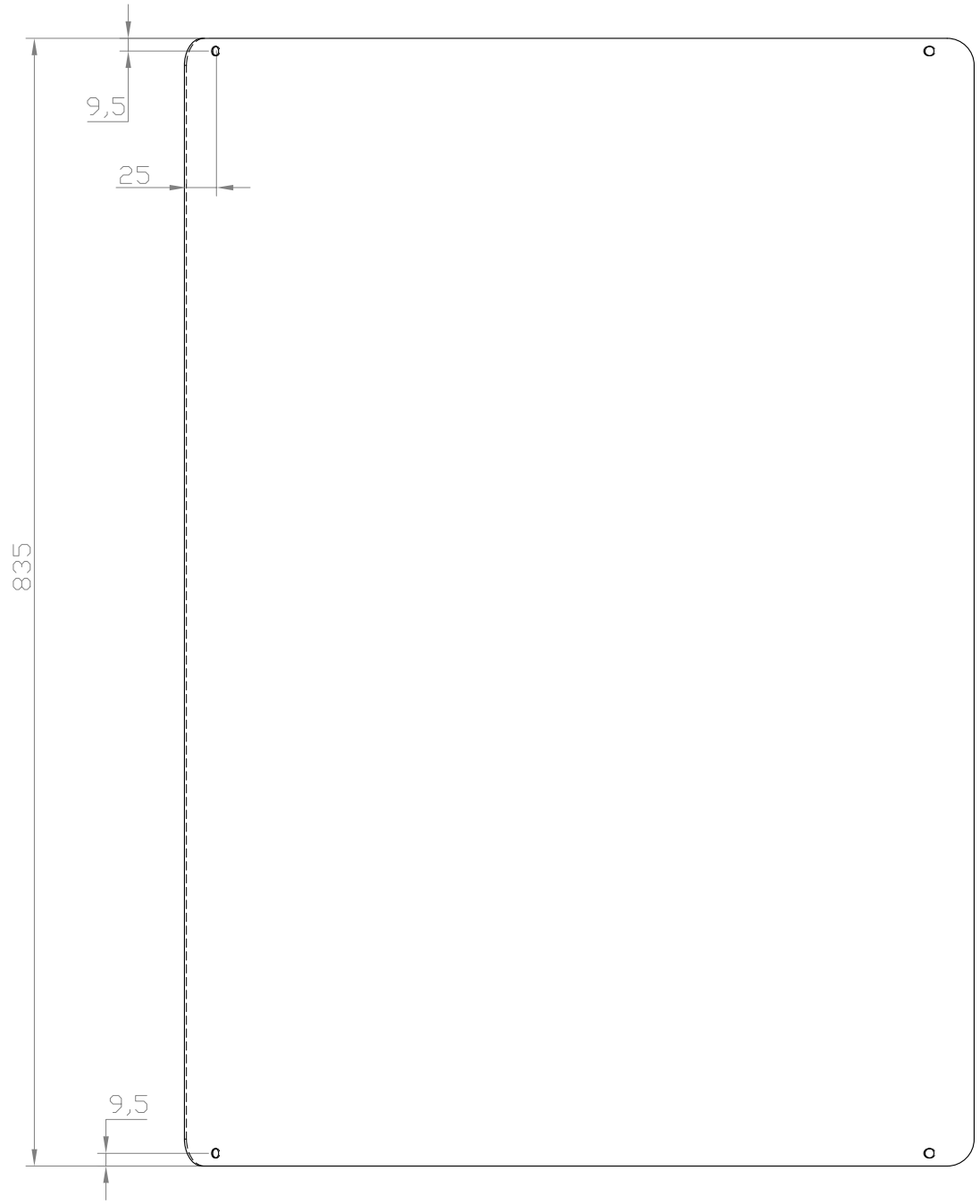


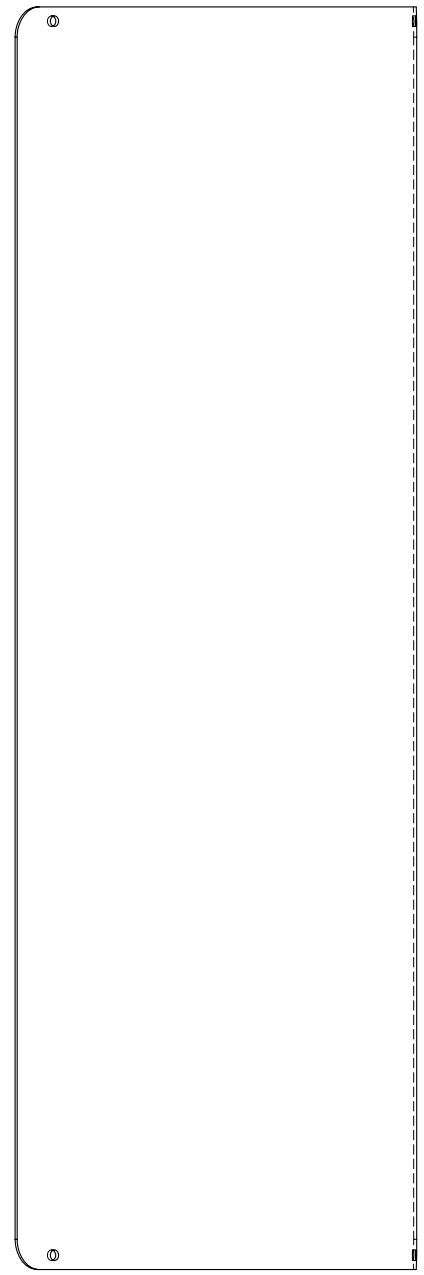
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/10	Descripció: Protecció inferior màquina			Plànol: 11/17

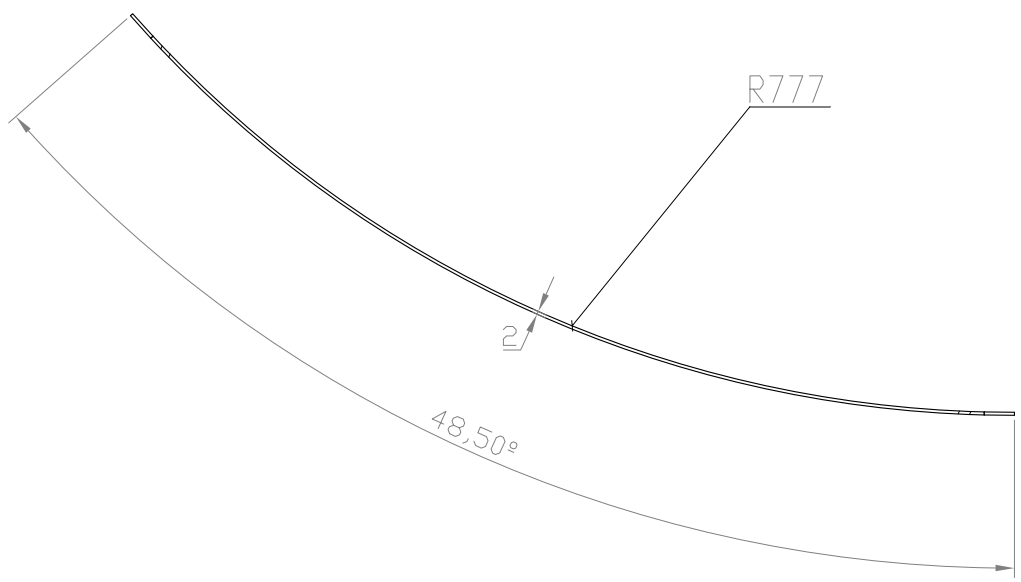




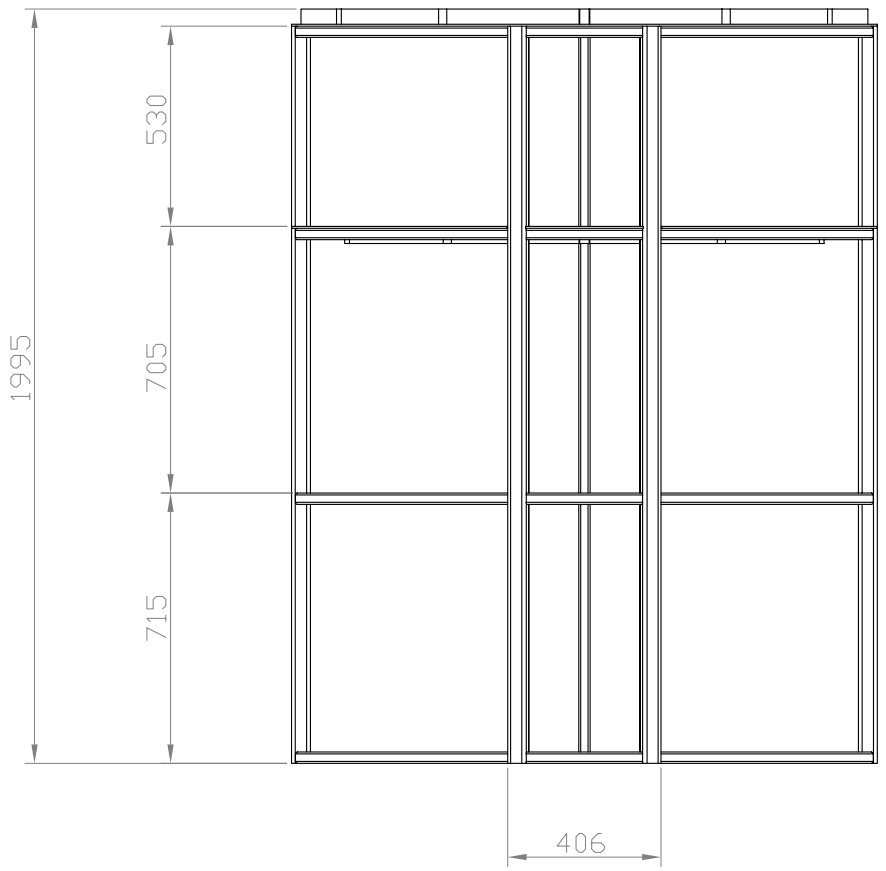
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/10	Descripció: Protecció superior màquina			Plànol: 12/17

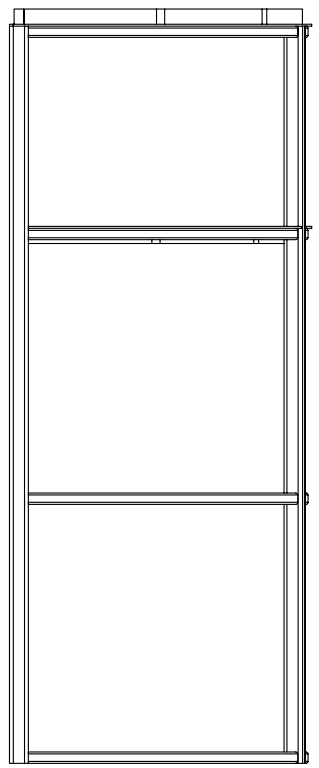


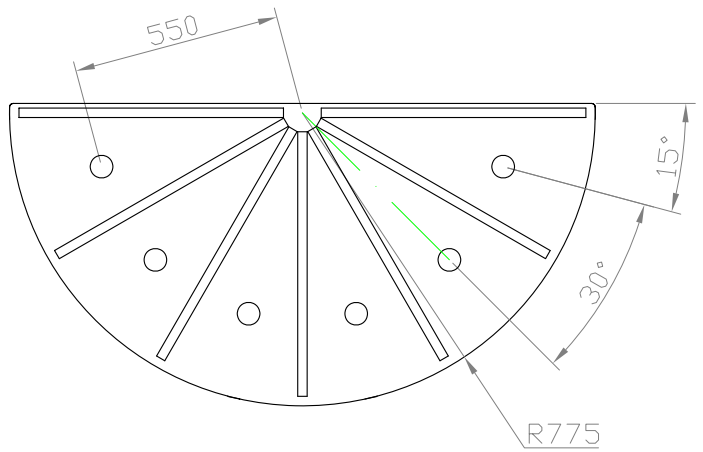




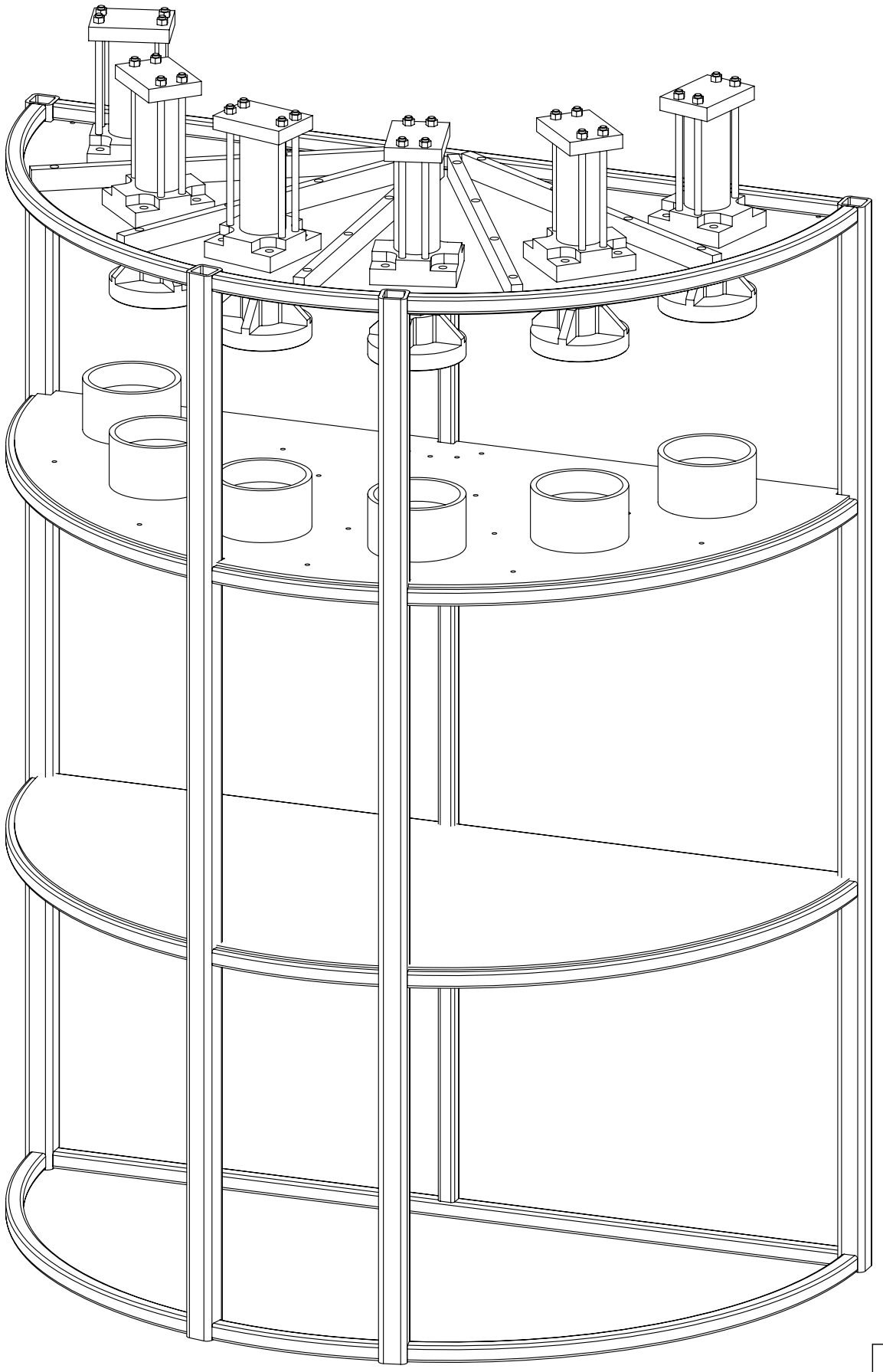
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/5	Descripció: Porta protecció inferior màquina			Plànol: 13/17



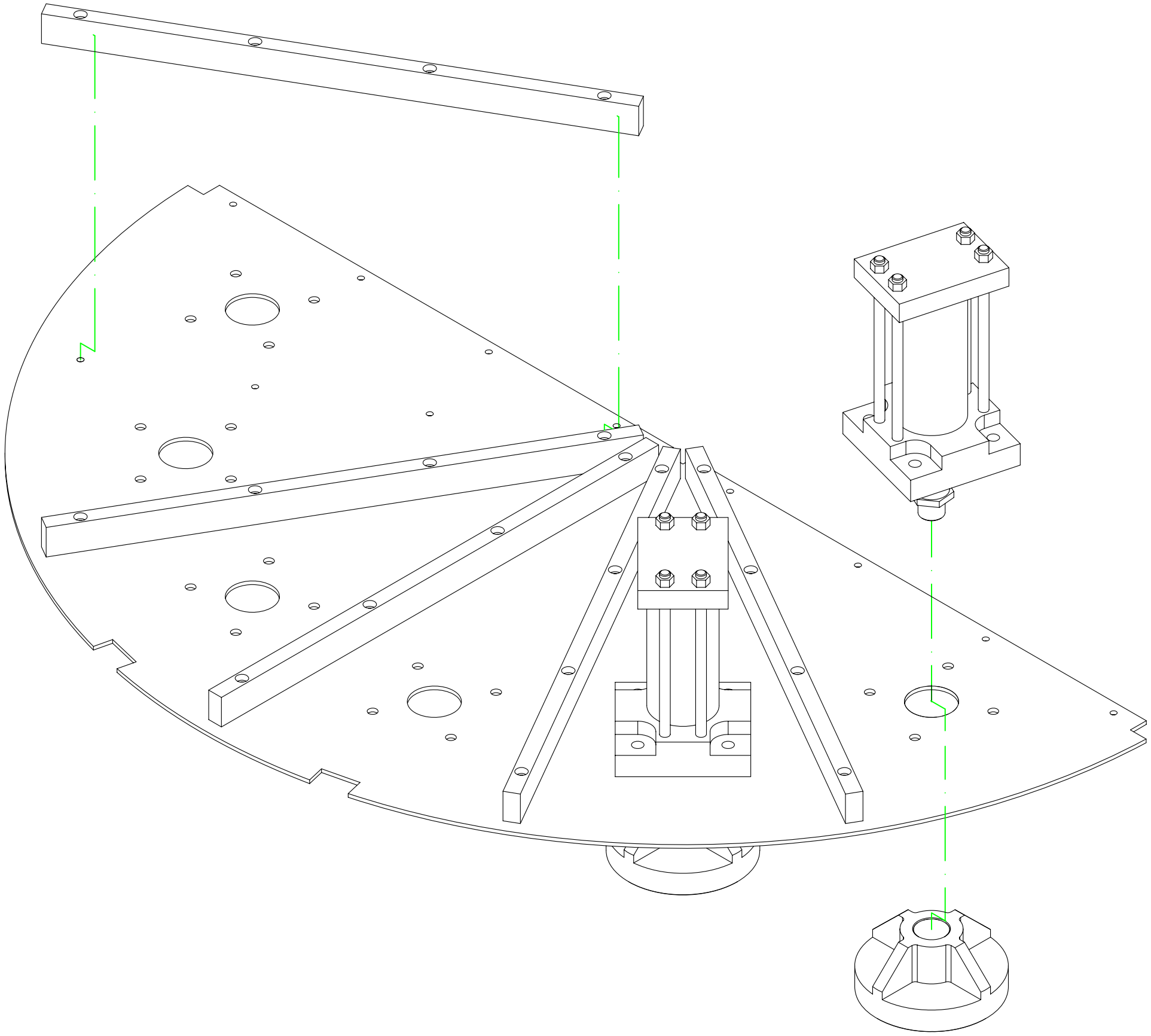




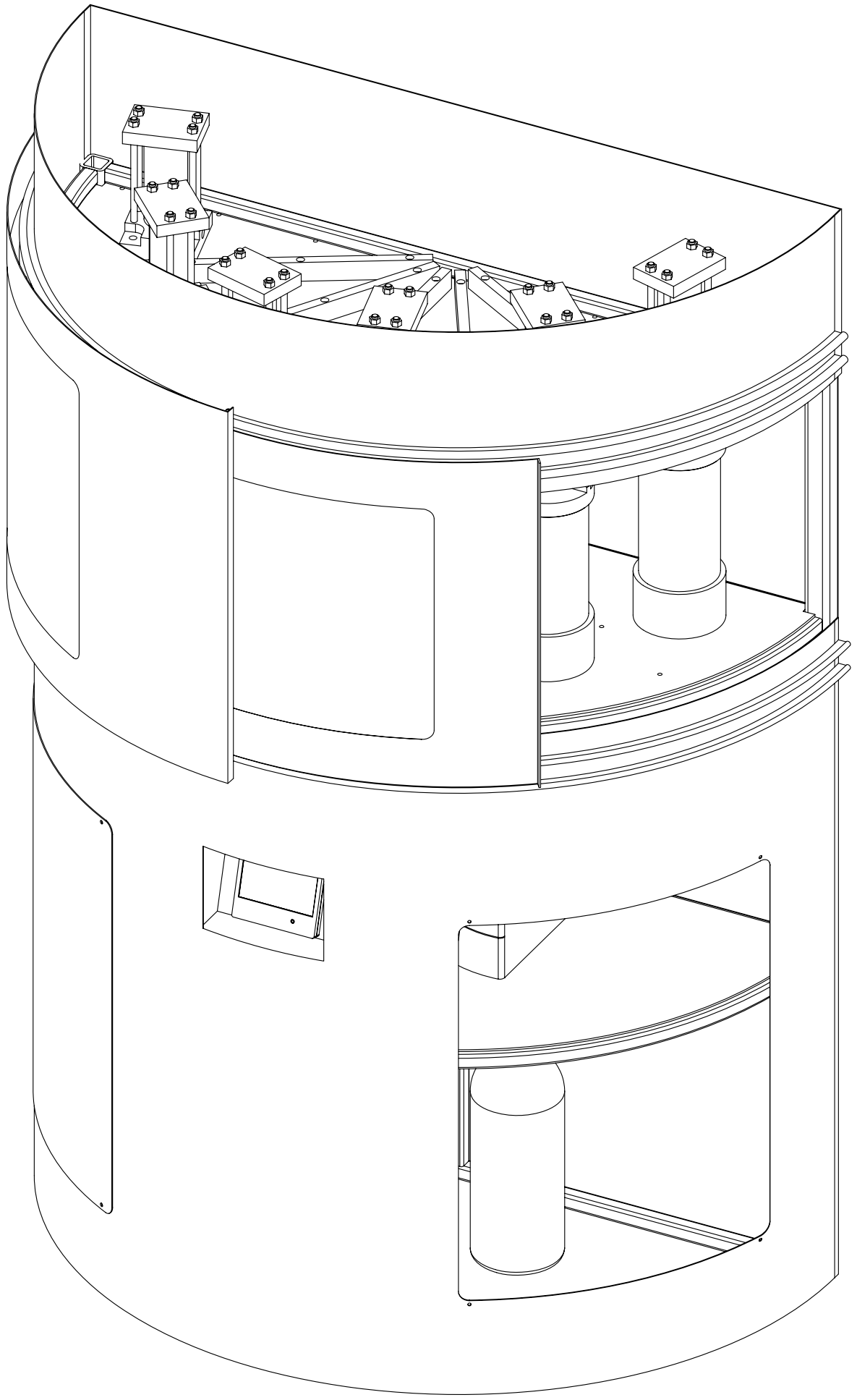
	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/20	Descripció: Mides Generals de la màquina			Plànol: 14/17



	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/10	Descripció: Plànol de montatge nº1			Plànol: 15/17



	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/5	Descripció: Plànol de montatge nº2			Plànol: 16/17



	Data:	Nom:	Firma:	Disseny d'una màquina per determinar l'assaig de: "Profundidad de penetración de agua bajo presión" (UNE-EN 12390:8-2001)
Dibuixat:	Juliol de 2007	Cipri Becerra		
Comprovat:				
Escala: 1/10	Descripció: Plànol de montatge nº 3			Plànol: 17/17